

VTT Technical Research Centre of Finland

SmartRail Ecosystem

Hautala, Raine; Lusikka, Toni; Tiusanen, Risto; Kauvo, Kimmo; Nieminen, Vesa; Lahti, Janne; Pihlajamaa, Olli

Published: 29/09/2021

Document Version
Publisher's final version

[Link to publication](#)

Please cite the original version:

Hautala, R., Lusikka, T., Tiusanen, R., Kauvo, K., Nieminen, V., Lahti, J., & Pihlajamaa, O. (2021). *SmartRail Ecosystem: 1. Innovaatiovaihe, VTT Tuloskooste*. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Other Document No. VTT-M-00815-21



VTT
<http://www.vtt.fi>
P.O. box 1000FI-02044 VTT
Finland

By using VTT's Research Information Portal you are bound by the following Terms & Conditions.

I have read and I understand the following statement:

This document is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all or part of any of this document is not permitted, except duplication for research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered for sale.

SmartRail Ecosystem

1. Innovaatiovaihe

VTT Tuloskooste

VTT-M-00815-21

SmartRail Ecosystem

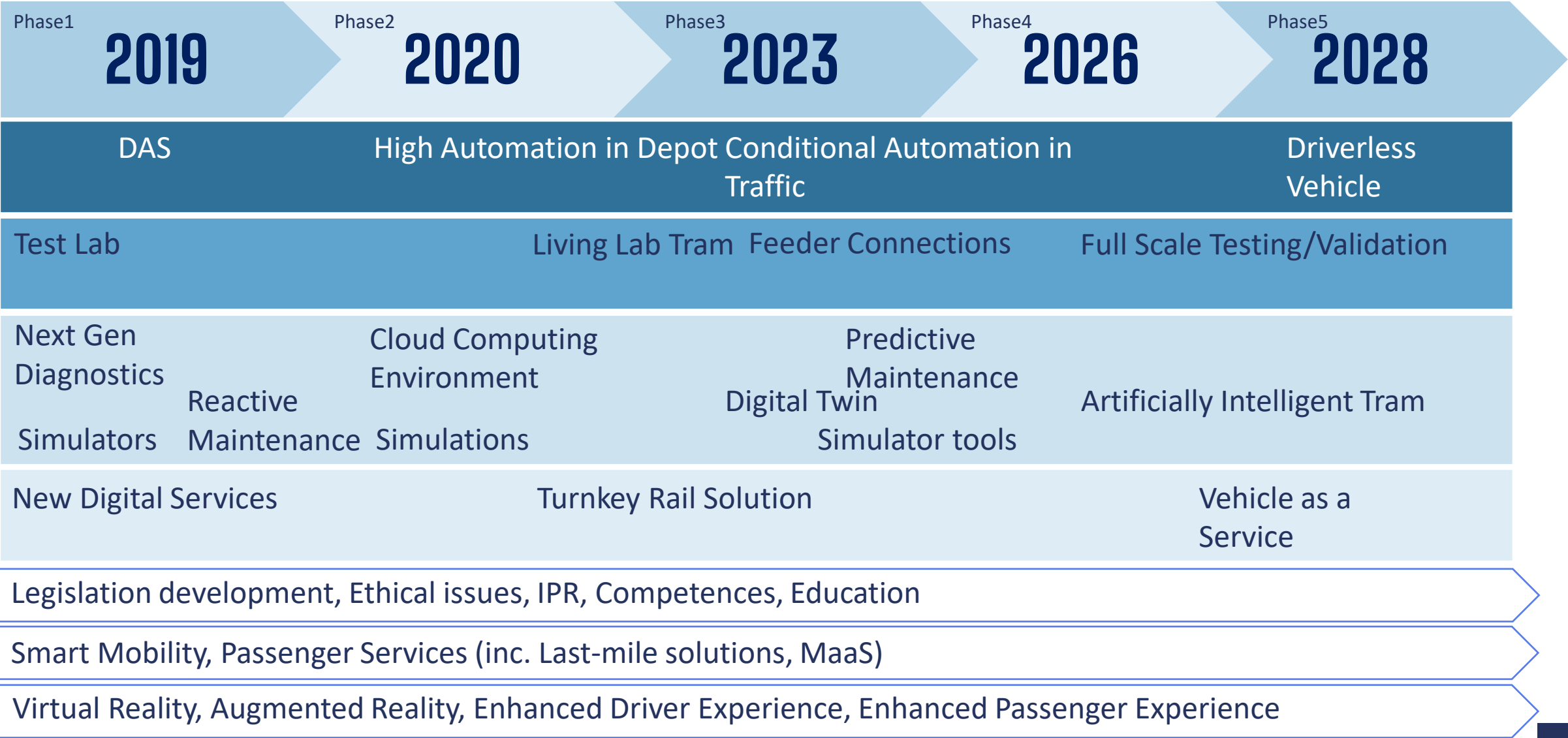
- SmartRail intends to become the market's most attractive provider of services integrated into tram systems
- We are targeting at sustainable mobility, seamless travel chains and user-centric services
- The technological focus is to deliver the best tram in the world in terms of passenger and life-cycle services
- SmartRail provides solutions that improve tram safety and flexibility as we move towards autonomous traffic
- Increasing ecosystem promotes competitiveness and creates new business by means of systematic co-creation
- R&D&I is accelerated through agile experiments in the Living Lab environment
- <https://smartrailecosystem.com/>

SMARTRAIL Ecosystem



Picture: Tampere Tramway

SmartRail –ecosystem Technology roadmap



SmartRail Ecosystem

TP1 Autonominen raitiovaunu Smart City -kontekstissa

Taustaa

SmartRail-ekosysteemihanke

Työpaketti 1: Autonominen raitiovaunu Smart City palvelukontekstissa

- Turvallisen automaation mahdollistaminen raitiovaunuympäristössä
 - Raitiovaunun automaattinen ajo varikolla
 - ✓ Riskianalyysissä käytettiin esimerkkinä Tampereen Ruskoon rakennettua uutta raitiovaunuvarikkoa. Riskianalyysin alussa sovittiin, että tarkastelu tässä yhteydessä tehdään yleisellä tasolla niin, että tuloksia voivat hyödyntää SmartRail-ekosysteemissä myös muut toimijat Tampereen Raitiotie Oy:n lisäksi.

Riskianalyysin tavoitteesta ja rajauksesta

- ✓ Tunnistaa automaattiseen ajon liittyvät vaarat ja ennakoitavissa olevat ongelmat
- ✓ Arvioida riskien suuruus ja määritellä keinoja riskien hallintaan

Varikon halleissa: törmäys henkilöön, toiseen raitiovaunuun tai esteeseen raiteilla, henkilön putoaminen, kaatuminen tai puristuminen

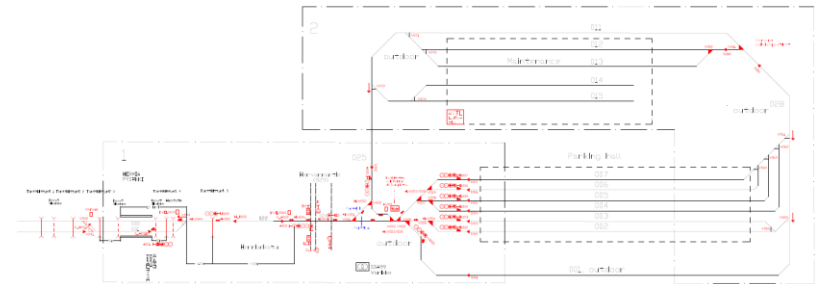
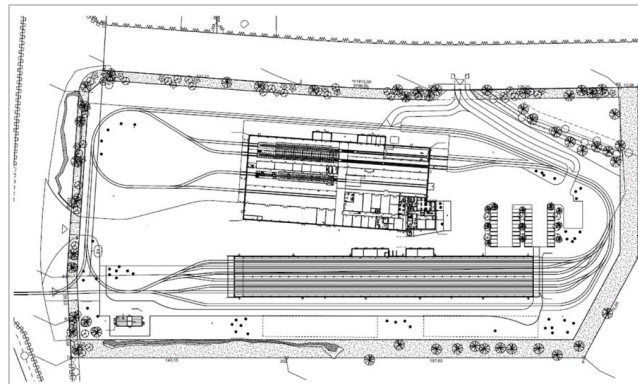
- raitiovaunun normaali automaattinen liikkuminen,
- raitiovaunun odottamaton liikkeellelähtö tai pysähtyminen tai raitiovaunu ei pysähdy.

Varikon alueella ulkona: törmäys henkilöön, toiseen raitiovaunuun, ajoneuvoon, työkoneeseen tai esteeseen raiteilla

- raitiovaunun normaali automaattinen liikkuminen
- linjakuljettajan virhe, ajoneuvon tai työkoneen kuljettajan virhe
- raitiovaunun odottamaton liikkeellelähtö tai pysähtyminen tai raitiovaunu ei pysähdy.
- Vaikeat sääolot kuten rankka sade, lumipyry tms. voivat lisätä vaaratilanteen mahdollisuutta

Riskianalyysitiimi ja aineisto

- Janne Siirilä, Jussi Ojala; Mipro Oy (2019 vuoden loppuun)
 - Mervi Tarvainen; Skoda-Transtech
 - Antti Toivanen; HKL
 - Jarkko Voutilainen; Jonna Anttila, Hanna Jartti; TRO
 - Risto Tiusanen, Jukka Laitinen; VTT
- Varikon asemapiirros (TRO)
 - Varikon aluepiirros (TRO)
 - Varikon yleiskaavio (Mipro)
 - Huollon prosessi ja operaattorirajapinta (Skoda-Transtech)
 - Raitiovaunun kuljettajan tehtävät (TRO, VTT)
 - Automaattinen operointi Tampereen raitiotie-varikolla, DRAFT (Mipro, VTT)
- Tutustuminen raitiovaunun mock-upiin Rollikkahallissa ja varikolla
 - Tutustuminen varikkoon 18.2.2020



Riskianalyysin tiedon keruu

RISKIANALYYSI											
Otsikko:	Raitiovaunun automaattinen ajo varikolla			Tekijä:	Risto Tiisanen						
ID:				Tarkastettu:							
Revisio:	Versio 14.4.2021			Hyväksytty:							
Alue tai ratikan siirtyminen alueelta toiselle	TUNNISTETTU VAARA, POIKKEAMA TAI ONGELMA	VAARAN TAI POIKKEAMAN TARKENNUS	VAARATILANNE JA SEURAUKSET	JUURISYYS	RISKIN ARIOINTI						RISKIENHALLINTA-TOIMENPITEET
					Todennäköisyys	Henkilö vakavuu	Omaisuu	vakavuu	Toiminn alla	Haitta	
Automaattiajo korjaamohalliin ja korjaamohallissa Automaattiajoon liittyviä välittömiä vaaroja korjaamohallissa ovat törmäys henkilöön, toiseen raitiovaunuun tai esteeseen raiteilla, henkilön putoaminen, kaatuminen tai puristuminen. Vaaratilanne hallissa voi syntyä raitiovaunun normaalista automaattisesta liikkumisesta, raitiovaunun odottamattomasta liikkeellelähdistä tai pysähtymisestä tai siitä, että raitiovaunu ei pysähdy. Vikaantuneen raitiovaunun ajo säilytyshallista korjaamohalliin. Voidaanko ajaa automaattiajona? Pitääkö aina siirtää manuaalisesti? Tässä olisi vielä hyvä erotella ns. rutiinijat ja ajot vikaantuneena											
Raitiovaunu liikkuu raiteilla 12 tai 13 (Kuva 1)	Törmäysvaara, Raitiovaunu liikkuu automaattisesti tullessaan halliin ja siirtyessään korjaamolla huoltopaikalta toiseen	Vanikolla työskentelevä henkilö jää liikkuvan raitiovaunun alle tai raitiovaunu törmää raiteiden lähellä olevaan henkilöön	Henkilö kuolee tai loukkaantuu vakavasti	Varikolla työskentelevä henkilö on raiteilla raitiovaunun liikkuessa, raitiovaunu liikkuu "äännettömästi"		4				Varoittaminen automaattisesta liikkumisesta, Turvallisuusohjeet työskentelystä ja liikkumisesta korjaamohallissa, Vaunun hidas liikenopeus, Esteen tunnistus	
		Vanikolla vieraileva henkilö jää liikkuvan raitiovaunun alle tai raitiovaunu törmää raiteiden lähellä olevaan henkilöön	Henkilö kuolee tai loukkaantuu vakavasti	Varikolla vieraileva henkilö on raiteilla raitiovaunun liikkuessa, raitiovaunu liikkuu "äännettömästi"		4				Varoittaminen automaattisesta liikkumisesta, Vieraiden turvallisuusohjeet liikkumisesta korjaamohallissa, Vaunun hidas liikenopeus, Esteen tunnistus	
		Raitiovaunu törmää edessä olevaan raitiovaunuun, joka on pysähtynyt väärään paikkaan	Raitiovaunut vaunioituvat	Edessä oleva raitiovaunu on väärässä paikassa			2			Esteen tunnistus, Paikkatiedon varmistus ja väärään paikkaan pysäköinnin estäminen Estetään seuraavan vaunun tulo halliin, jos edellinen vaunu on väärässä paikassa	
		Raitiovaunu törmää raiteilla olevaan esteeseen	Raitiovaunut vaunioituvat	Raiteelle on jäänyt jotain ylimääräistä			2			Esteen tunnistus, Työ ja turvallisuusohjeet	

Yhteenvedoa toimenpide-ehdotuksista 1/2

Teknisiä toimenpiteitä

- Raitiovaunun hidas (rajoitettu) liikenopeus varikolla ja halleissa
- Raiteilla olevan esteen tunnistuskyky raitiovaunussa
- Paikkatiedon varmistus ja väärään paikkaan pysäköinnin estäminen
- Raitiovaunun automaattinen ajaminen estetään, jos paikkatieto puuttuu tai se ei ole luotettava
- Estetään seuraavan vaunun tulo halliin, liikuttelu hallissa tai ulos raiteelle jos edellinen vaunu on väärässä paikassa
- Raitiovaunujärjestelmän tekniikka suunnitellaan ja toteutetaan ennakoitavissa olevien käyttöolosuhteiden mukaan sään ääri-ilmiöt huomioiden.
- Törmäys ja peräänajotilanteiden estäminen teknisesti
- Operointiproseduurien oikean toteutumisen varmistaminen teknisesti ja koulutuksen avulla

Teknisiä toimenpiteitä

- Asetinlaitteen, raitiovaunujen ja automaatiojärjestelmän oikean ja luotettavan toiminnan varmistaminen
- Ohjausjärjestelmän riittävän toimintavarmuuden varmistaminen
 - Oikean ajonopeuden varmistaminen
 - Pysäytystoiminnon varmistaminen
 - Jarrujärjestelmän toimintavarmuuden varmistaminen
 - Raitiovaunun paikallaanpysymisen varmistaminen
- Hallien ovien ohjausjärjestelmien riittävän toimintavarmuuden varmistaminen
- Asetinlaitteen, raitiovaunujen ja automaatiojärjestelmän oikean ja luotettavan toiminnan varmistaminen
- Automaattiajoluvan oikeellisuuden sekä vaunun statuksen (linjakelpoisuuden) varmistaminen
- Automaattiajoluvan oikeellisuuden sekä vaunun ja huoltotyön statuksen varmistaminen
- Asetinlaitteen, raitiovaunujen ja automaatiojärjestelmän vikadiagnostiikka

Yhteenvedoa toimenpide-ehdotuksista 2/2

Varoitukset, ohjeet, koulutus

- Opastimet, liikennemerkkit, liikennesäännöt ja kuljettajien ohjeistus
- Raitiovaunun linjakuljettajien koulutus, vaaratilanteiden ennakointi
- Liikennesäännöt ja kuljettajien ohjeistus
- Varoittaminen automaattisesta liikkumisesta
- Työohjeet
- Turvallisuusohjeet:
 - työskentelystä ja liikkumisesta korjaamohallissa
 - työskentelystä ja liikkumisesta säilytyshallissa
 - vieraiden liikkumisesta korjaamo- ja säilytyshallissa
 - työskentelystä ja liikkumisesta varikon alueella,
 - vieraiden liikkumisesta varikon alueella,
- Varikon liikennesäännöt ja kuljettajien ohjeistus,
- Kunnossapitohenkilöstön koulutus ja toiminnan valvonta
- Kunnossapitokalustolle on varattu tietty
- Raiteiden ja vaihteiden riittävä kunnossapito ja kunnonvalvonta
- Ohjeistus ja toimenpiteet hätätilanteiden hallintaan
- Automaattiajon poiskytkentä erikoistilanteissa

Raportointi ja tulosten hyödyntäminen

Tulokset ovat hyödynnettävissä:

- ✓ Raitiovaunujärjestelmien automaation kehitystyössä varikkoalueen osalta
 - ✓ Tampereen raitiovaunuvarikko
 - ✓ HKL:n uudet varikot
- ✓ Raitiovaunun ja varikon infran teknisten vaatimusten määrittelyssä automaattiajossa
- ✓ Raitiovaunuvarikon operoinnin ja turvallisten kunnossapidon työtehtävien suunnittelussa

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	2
1. Tausta ja tavoitteet	3
2. Riskianalyysin menetelmä ja toteutus	3
2.1 Kohteen kuvaus ja lähtötietojen jäsentely	3
2.1.1 Raitiovaunuvarikko	3
2.1.2 Riskianalyysin aineistoa	5
2.1.3 Korjaamohallissa tehtävistä töistä	5
2.1.4 Säilytyshallissa tehtävistä töistä	6
2.1.5 Riskianalyysin lähtöoletuksia automaattiajosta varikolla	6
2.2 Riskianalyysin menetelmä ja toteutus	7
2.2.1 Automaattiajo varikolla	8
2.2.2 Riskianalyysilomake	8
2.2.3 Analyysiryhmä ja työkokoukset	10
3. Tulokset	10
3.1 Automaattiajon turvallisuusriskit	11
3.1.1 Automaattiajo sisälle korjaamohalliin ja korjaamohallissa	11
3.1.2 Automaattiajo ulos korjaamohallista	12
3.1.3 Automaattiajo varikkoalueella ulkona, yleistä	13
3.1.4 Automaattiajo varikkoalueella ulkona vaihteiden kohdalla	15
3.1.5 Automaattinen ajaminen säilytyshalliin ja säilytyshallissa	15
3.1.6 Automaattiajo ulos säilytyshallista	18
3.2 Yhteenveto toimenpide-ehdotuksista	18
4. Johtopäätökset ja yhteenveto	20
Lähteet	20
Liitteet	21



Simulation based development environment Requirements

The idea of simulation based development environment is to produce models and assets that can be re-used in several tasks

- Operator training
- Automation development
- R&D, simulated sensors, object detection...
- Maintenance prediction

The interfaces and SW platforms should be suitable for operation without all components

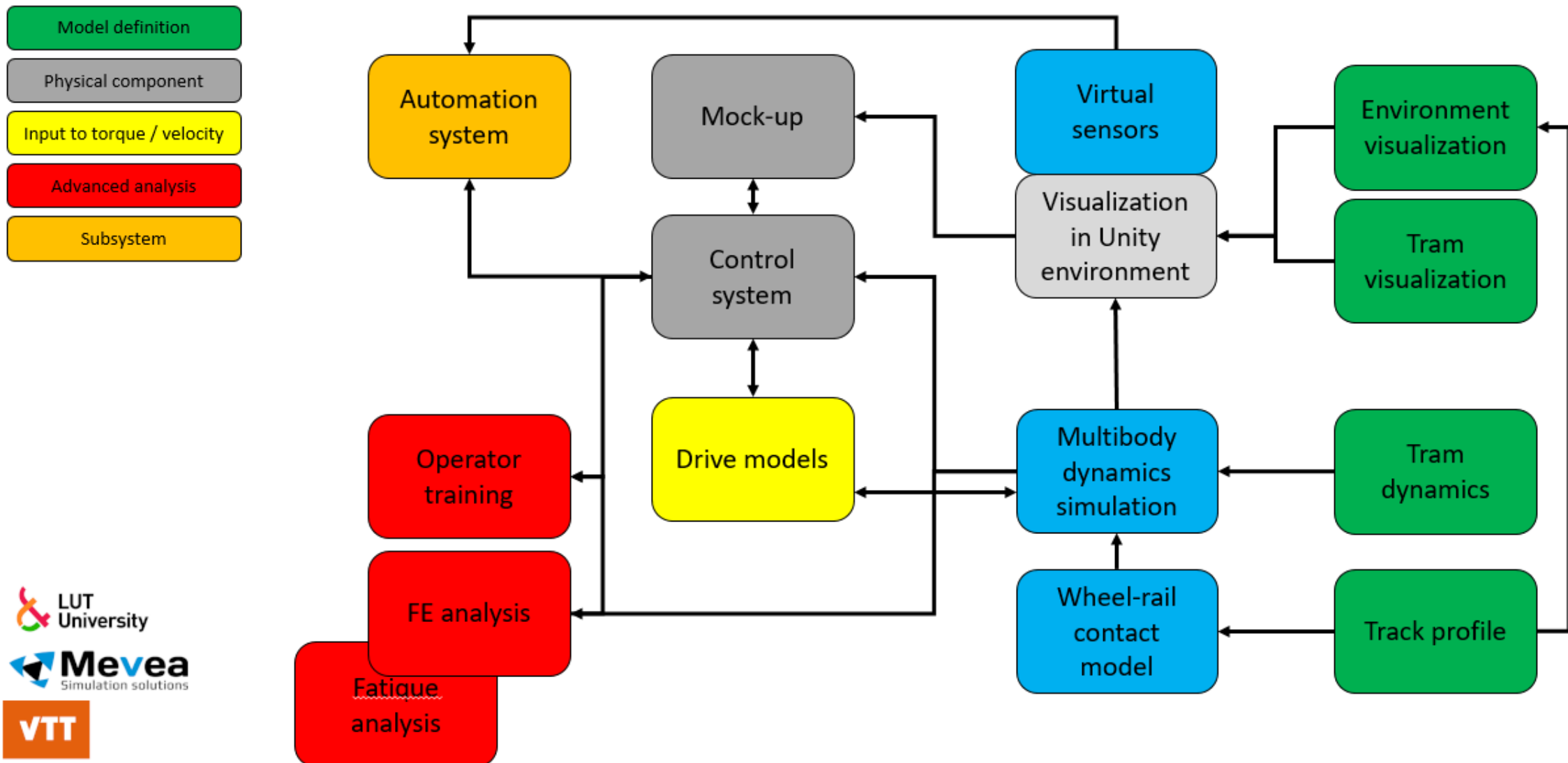
- Enables the development by separate partners
- Enables shorter start-up time

For visualization purposes the Unity platform is already widely used

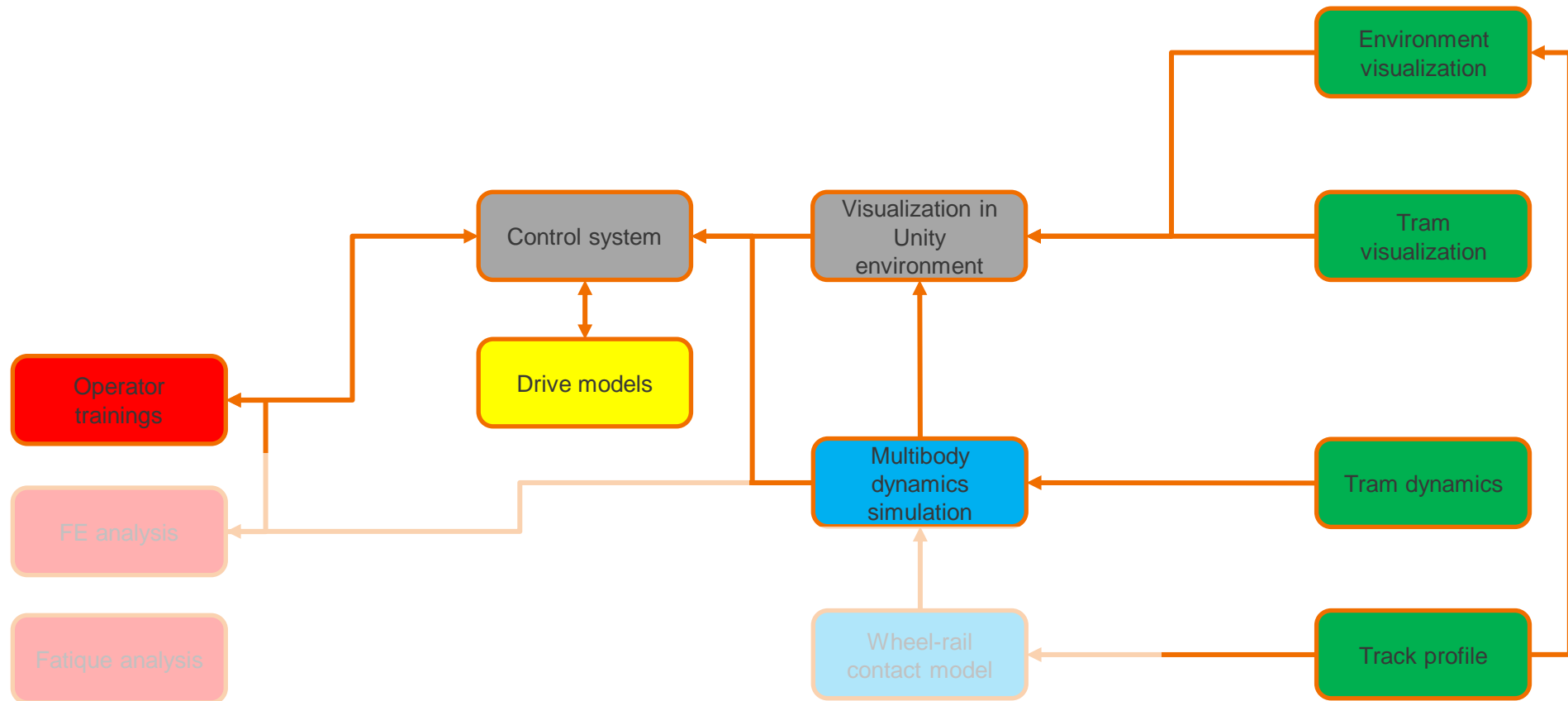
Generic drive models that enable the connection to physical control system are required

- Control signal as input
- Generates torque / velocity signal is input for simulation
- Sends required sensor signals to control system
- Sends required signals to prevent fault states of control system

Simulation based development environment Requirements

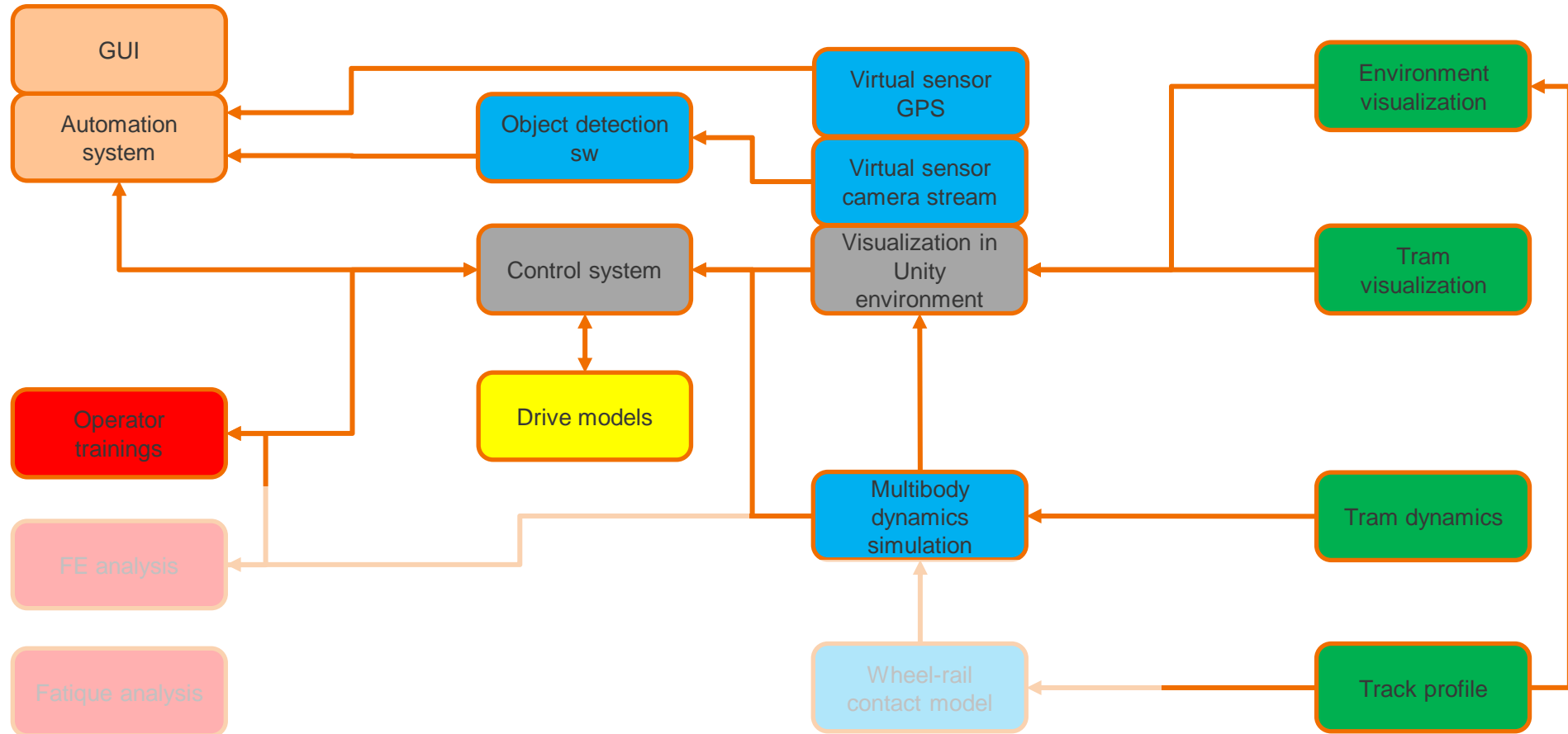


Simulation environment - Basic platform



Simulation environment – VTT add-ons

VTT



Tampere tram line 3D model



Creanex
Solutions for your future

VTT



tram depot



Koskipuisto



Hämeenpuisto



Kaleva

Virtual sensor camera in tram



Front facing camera - FOV

Scene seen from the tram cockpit

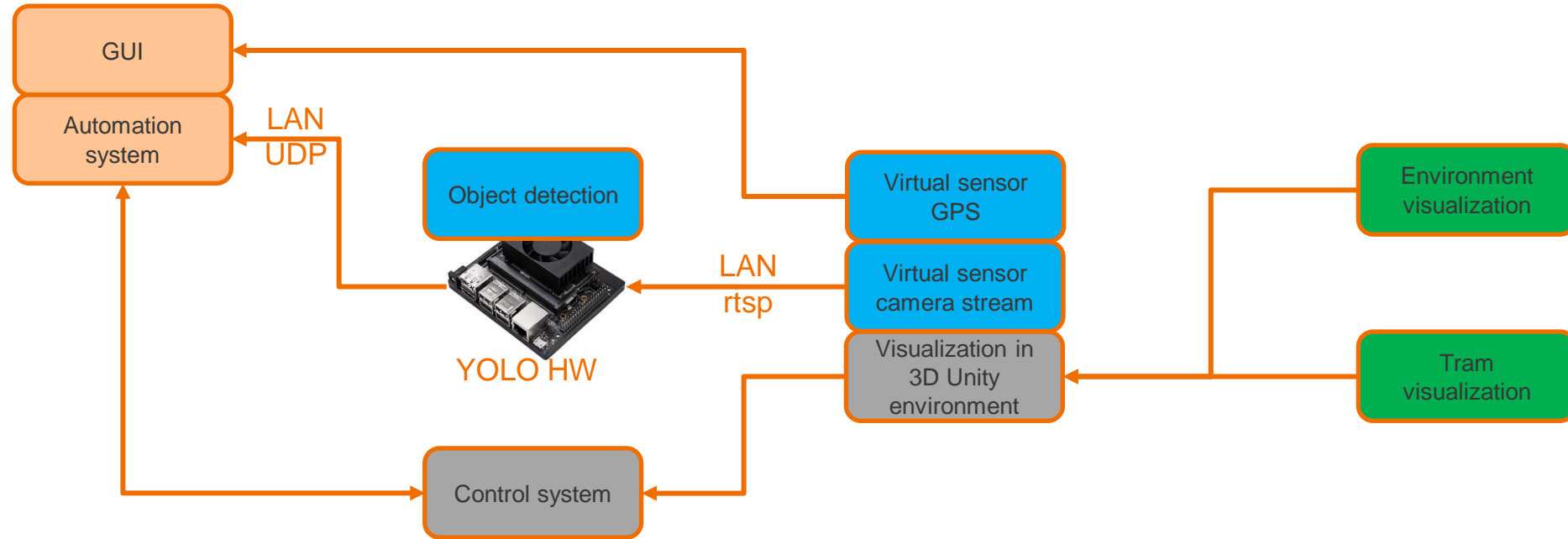
VTT

front facing
camera

tram side
mirrors

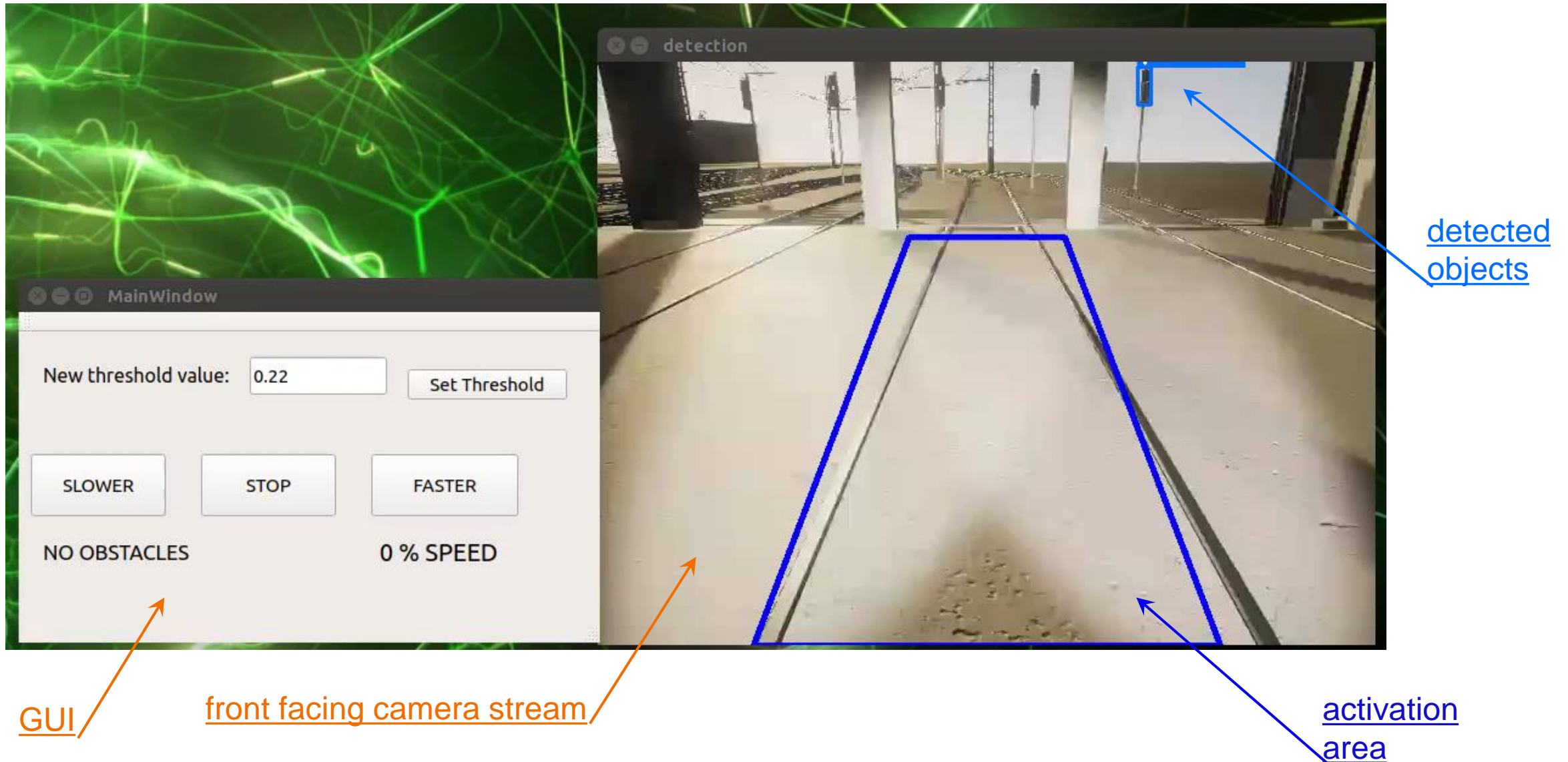


Training: Pedestrian detection at slow speed



- Setup is following: a training where tram is moving at slow speed in depot area. A pedestrian is approaching from the right.
- Forward-looking camera stream is sent to the Object detection block running on YOLO HW.
- When detected pedestrian and pre-defined activation area overlaps the tram starts to brake.
- Video stream is transferred using rtsp protocol and tram driving commands are sent as UDP packages.

Training: Pedestrian detection at slow speed



SmartRail Ecosystem

TP2 Autonomisten järjestelmien simulointi

TP2. Tehtävä 1. Simulointimallit osana suunnitteluprosessia sekä käytönaikaisen tilannetietoisuuden hyödyntäminen

Tavoite:

- Tutkitaan ja demonstroidaan digitaalisiin kaksosiin perustuvan simulointipohjaisen suunnittelun ja käytönaikaisen tiedon yhdistämisen mahdollisuuksia autonomisten järjestelmien tilannetietoisuuden parantamiseksi
- Tavoitteena oli saada käsitys kiskokalustoympäristöön soveltuvista mittausdatan ja simulointimallin yhdistämismenetelmistä sekä tyypillisen rakenneosan väsymisen ja jäljellä olevaa eliniän monitorointimenetelmästä.
- Jatkohankkeessa samaa menettelytapaa sovelletaan todelliseen operoinnin aikaan mittausdataan ja pyritään kehittämään tilannetietoisuuden kannalta hyödynnettävää tietoa päätöksenteon tueksi.

Tehtävät

1. Esiselvitys potentiaalisista sovellettavista menetelmistä raitiovaunusovelluksessa
2. Yhden esimerkkimenetelmän demoaminen

TP2. Tehtävä 1. Simulointimallit osana suunnitteluprosessia sekä käytönaikaisen tilannetietoisuuden hyödyntäminen

Rautatiekaluston rakenteelliset kunnonvalvontamenetelmät voidaan karkeasti jakaa kahteen osaan:

1. Mallipohjaiset / hybridimenetelmät

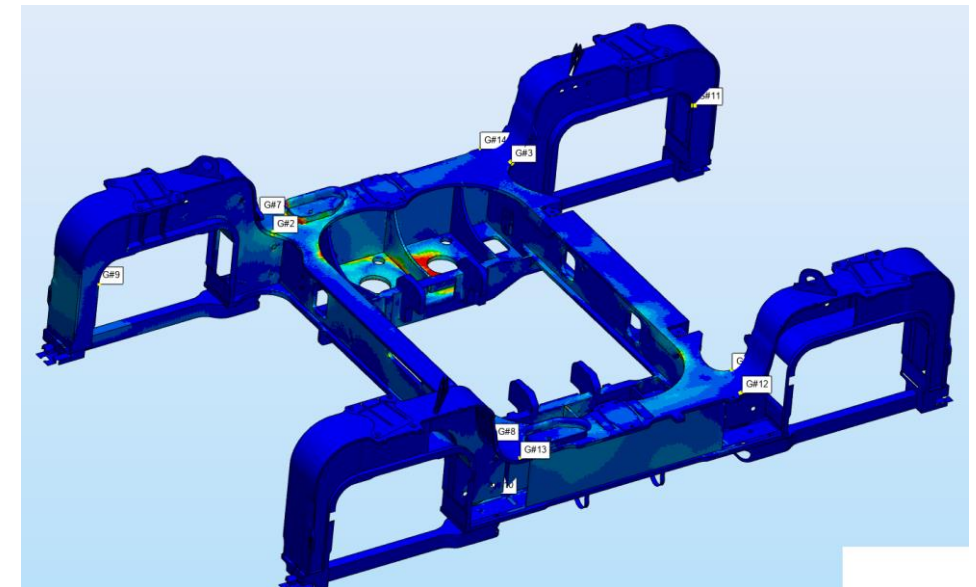
- Hyödynnetään simulointimallia ja yhdistetään/integroidaan se monitorointidataan
- Tyypillisesti monitorointidata on epäsuoraa mittausdataa, jota helpompi/suoraviivaisempi mitata
- Mahdollistaa sellaisten suureiden monitoroinnin, joita on hyvin vaikea suoraan mitata, esim pyörän ja kiskon välinen kontaktivoima
- Tyypillisiä menetelmiä ovat mm.:
 - Kalman-filteriin pohjautuvat menetelmät
 - Käänteisongelman ratkaisuun perustuvat menetelmät

2. Datapohjaiset menetelmät

- Simulointimallia ei integroida suoraan monitorointidataan, voidaan toteuttaa pelkästään mitatun vastedatan pohjalta
- Tyypillisesti mitatun vastesignaalin analyysin pohjalta pyritään havainnoimaan esim jonkin kriittisen komponentin vikaantumista

Esimerkkimenetelmän soveltaminen telin runkorakenteeseen kohdistuvien ajon aikaisten kuormitusten identifiointiseksi:

- Venyväliuskon optimointi FE-malliin avulla
- Tavoitteena telirungon rakenteen toimiminen ajon aikaisena "voima-anturina"

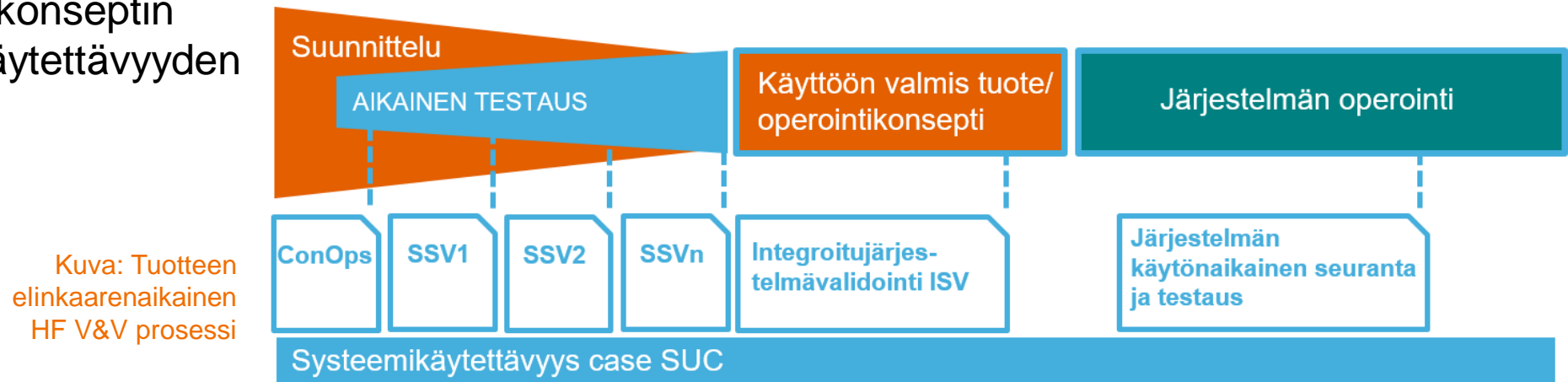


Autonomisten järjestelmien verifiointin, validointin ja kvalifioinnin prosessi

- Esitetään toimintatapa SmartRail-järjestelmäkonceptin verifiointia, validointia ja kvalifointia (V&V) varten
 - **V&V:n yleisenä tavoitteena** on varmistaa, että käytön asettamat vaatimukset ja hyvän käytettävyyden periaatteet on huomioitu tuotteen suunnittelussa sekä sen koko elinkaaren aikana



- Systeemikäytettävyys-casen (SUC) muodostaminen SmartRail-hankkeessa mahdollistaa eri työpakettien tuottaman suunnittelu- ja testaustiedon kokoamisen yhteen ja SmartRail konseptin systeemikäytettävyyden arvioinnin.



Tp 2, Tehtävä 2

Autonomisten järjestelmien verifiointin, validoinnin ja kvalifioinnin prosessi

Taustatieto	Suunnitteluprosessi	Tulos
<ul style="list-style-type: none"> • Muutostarve (Smart city -trendi, kestävä kehitys, ympäristö) • Olemassa olevien konseptien kartoitus • Aikaisemmat käyttökokeemukset (korkean automaatiotason liikenne ratkaisut) 	Alustava selvitys ja analysointi Vaikuttavuus-, tarve- ja rajoitekartoitus (käyttäjähäastattelut) HFE-tavoitteiden määrittäminen	<ul style="list-style-type: none"> • HFE:n yhtymäkohdat yleiseen projektisuunnitelmaan • HFE-suunnitelma sisältäen eri HFE-aktiviteetit SmartRail-projektissa • Alustava evaluointi aikataulu/ malli
<ul style="list-style-type: none"> • Käyttöympäristön kuvaus/ mallintaminen • Olemassa olevat käyttäjä- ja turvallisuusvaatimukset • Standardit 	Vaatimukset ja konseptisuunnittelu Operointikonsepti (käyttäjien osallistaminen ja testaus) Tehtäväanalyysi (kuljettajan näkökulma) Käyttäjävaatimukset	<ul style="list-style-type: none"> • SmartTram-konseptikuvaus (sis. ihminen-kone vuorovaikutuksen ja automaatiotason määrittäminen) ja käyttöliittymävisualisoinnit / -mallit. • Lista SmartTram- käyttäjävaatimuksista
<ul style="list-style-type: none"> • Tekninen arkkitehtuuri • Standardit 	Yksityiskohtainen/ integroiva suunnittelu Käyttöliittymät, kuljettajien koulutus (käyttäjien osallistaminen ja testaus)	<ul style="list-style-type: none"> • SmartTram-sisusta ja -käyttöliittymät (kuljettaja sekä matkustajat)
<ul style="list-style-type: none"> • V&V-suunnitelma • Standardit 	Verifiointi & Validointi (V&V) Simulointi (SmartTram-simulaattoritestaus) Validointitestit	<ul style="list-style-type: none"> • V&V-dokumentaatio (esim. HF-ongelmat)
<ul style="list-style-type: none"> • Käyttökokeemukset ja -tapahtumat 	Toteutus ja käyttöönotto	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluointidokumentaation kartuttaminen (käyttökokeuksien keruu)

- Yleiskuva HFE- ja V&V-prosessista SmartRail-suunnittelussa
- Minkälaista taustatietoa tarvitaan suunnitteluprosessin eri vaiheissa ja minkälaista tietoa/tuloksia kustakin vaiheesta syntyy
- Tarkemman suunnitelman luonnostelemiseksi SmartRail-projektin eri osaprojektien sisältö ja mahdolliset HFE yhtymäkohdat täytyisi kartoittaa yksityiskohtaisemmin
- Muita tuloksia:
Konferenssijulkaisu 7th International Conference on Smart Cities otsikolla "Hello, my name is SmartTram, Human Factors is on board, enjoy the ride! Developing a human factors program for automatic tram" yhdessä TP 3, tehtävän 1 kanssa.

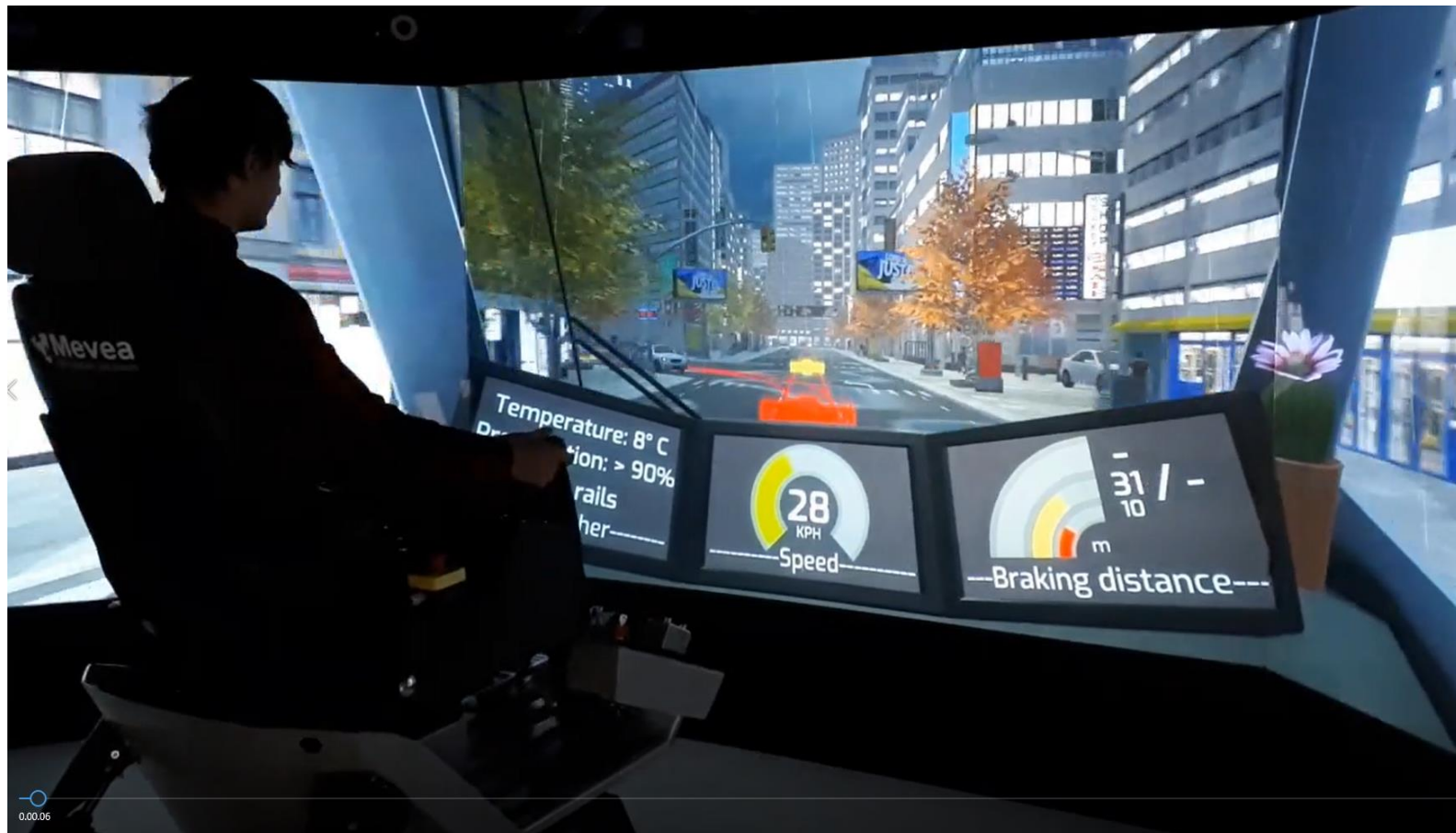
SmartRail Ecosystem

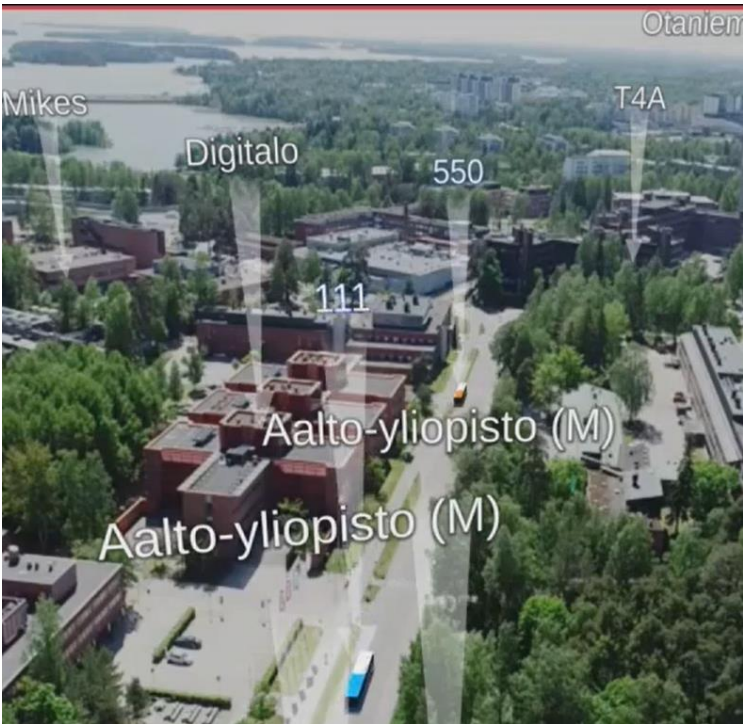
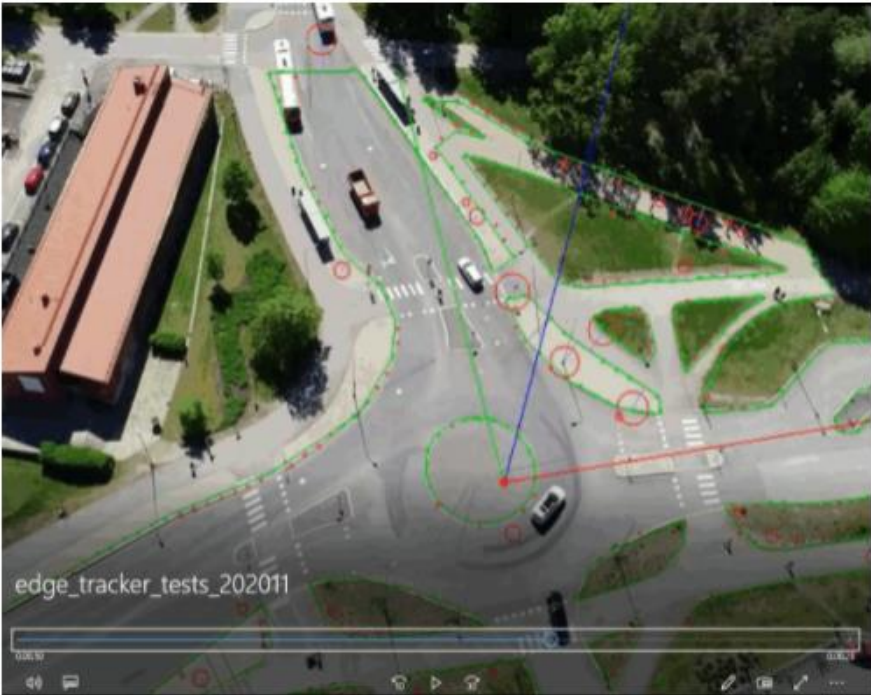
TP3 Virtuaaliteknologioiden hyödyntäminen suunnittelussa

Työpaketti 3: Virtuaaliteknologioiden hyödyntäminen suunnittelussa

TP3. Tehtävä 1. Operaattorin koulutus, avustus ja raitiovaunun etäkäyttö

TP3. Tehtävä 2. Virtuaalisuus osana kaupunkisuunnittelua ja kaupungin tilannekuvaa





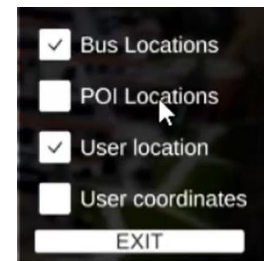
Videot

Design and training simulator for tram drivers: <https://youtu.be/mtLvEwDFZLU>

Realtime third person view of public transport: https://youtu.be/Mq1ex_QzDgY

Android app

Restricted access

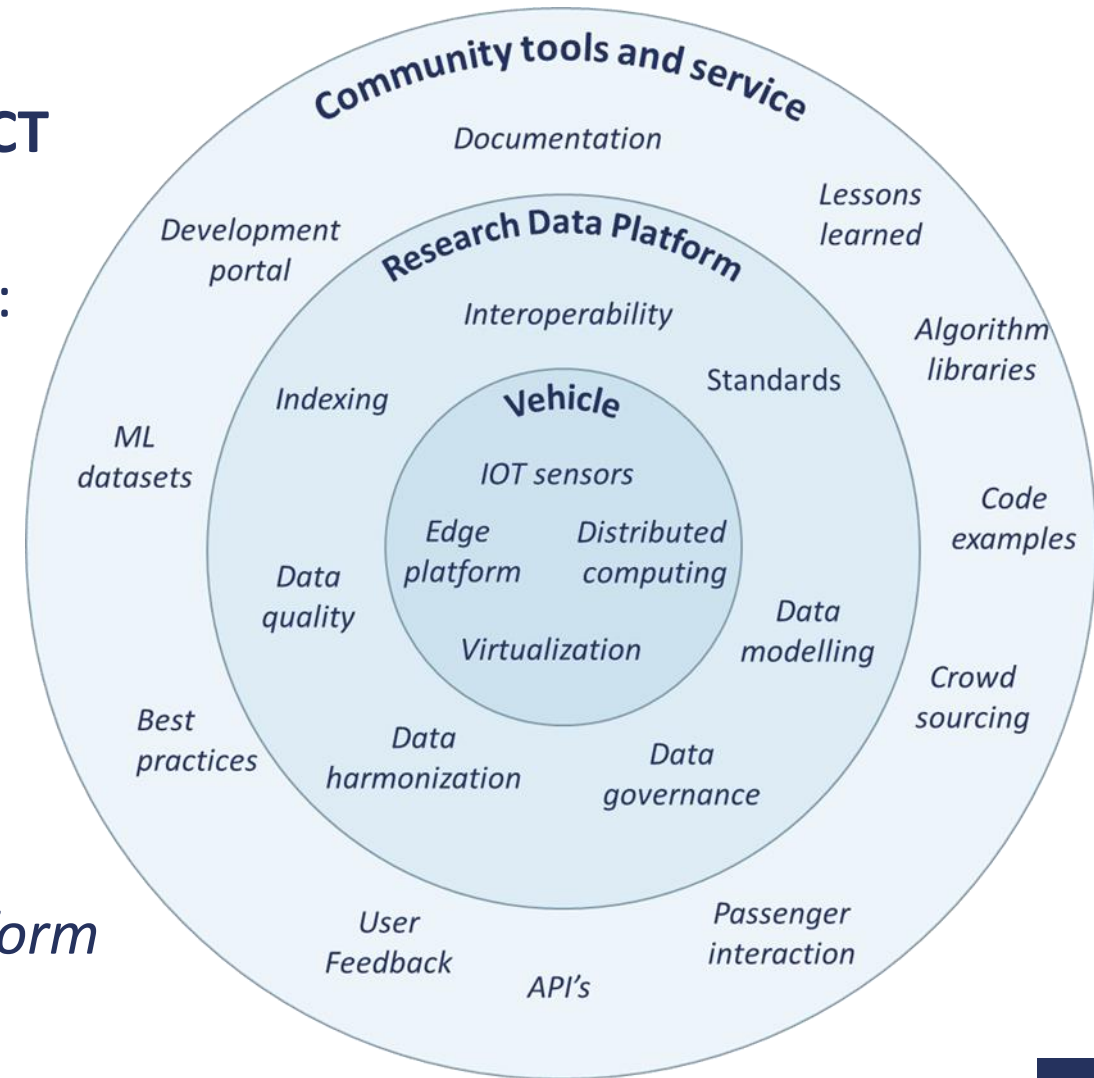


SmartRail Ecosystem

TP4 Tietojärjestelmät ja datan hyödyntäminen

WP4 – Information Systems and Data Utilization

- Aim of the WP4 was to define the concept of **SmartRail Living Lab Tram** including necessary **ICT environment and support functionalities**.
- Concept of SmartRail Living Lab Tram consists of:
 1. *Vehicle*
 2. *Research Data Platform*
 3. *Community tools and services*
- **Tasks:**
 - *T4.1 Requirement Analysis*
 - *T4.2 Pilot Tram Data Platform and Utilization*
 - *T4.3 Pilot Tram System Architecture and Platform*



T4.1 Requirement Analysis

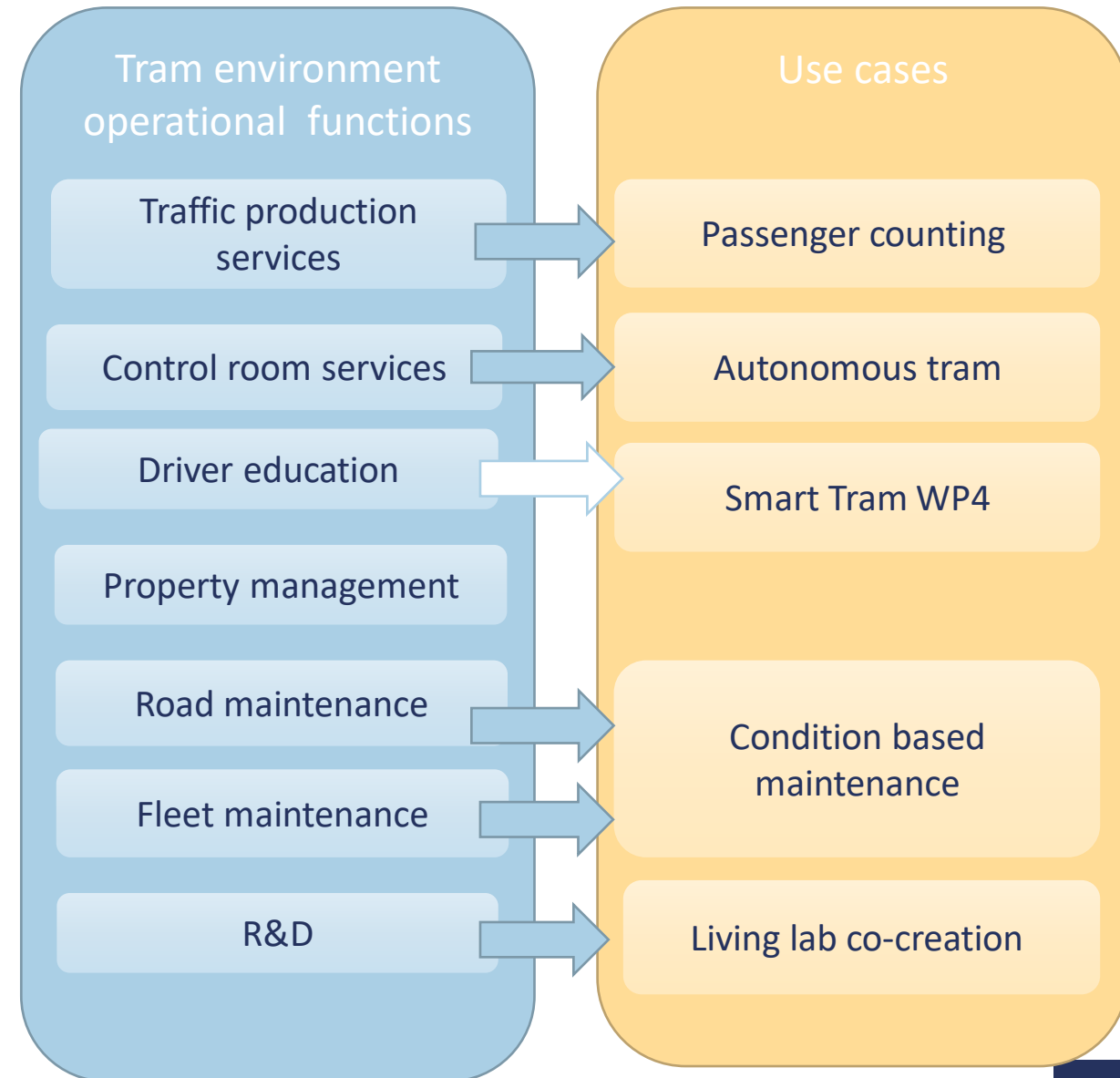
Goal: Analysis of data requirements for supporting Smart Tram operational environment R&D functions and Living Lab by a suitable data platform architecture

Method: Representative use cases selected from various operational areas for further examination

- How much data is expected to accumulate to the system (volume)
- How fast data is cumulated and how quick it should be processed to prevent throughput and latency problems (velocity)
- Typical data types associated to use cases (variety)
- What data is valuable for further examination (for customer behavioral studies, environment observation, automatic driving and machine learning purposes etc.) (value)

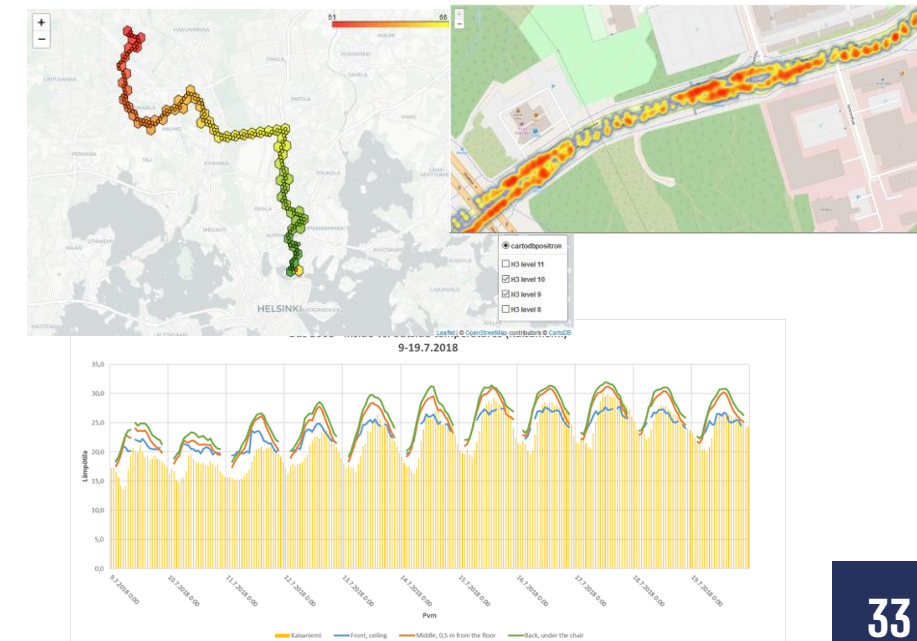
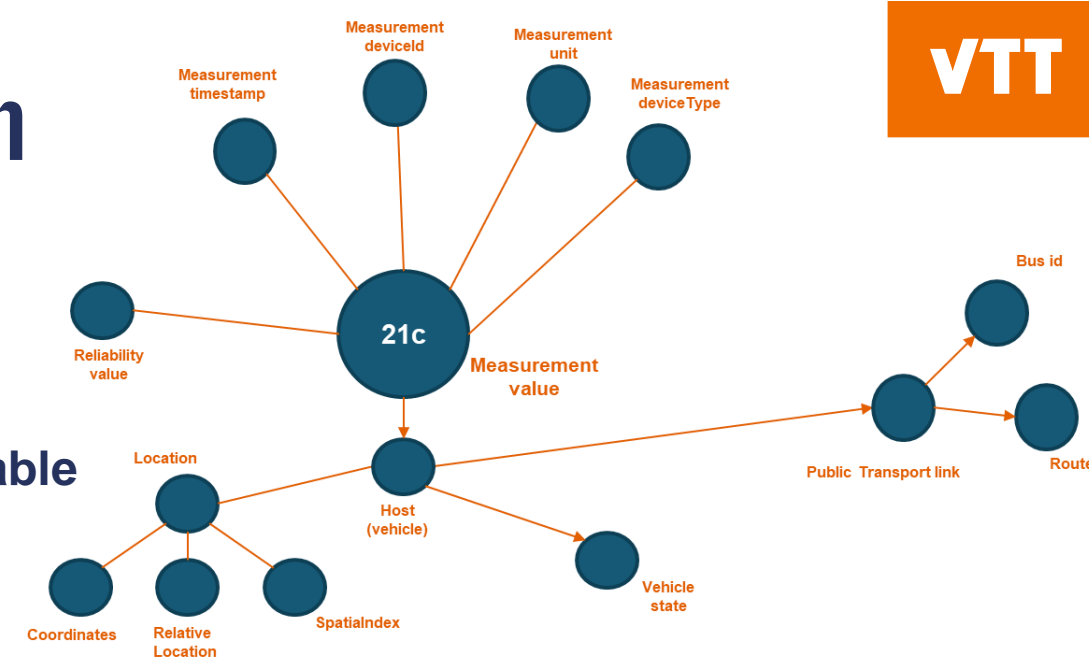
Observations:

- Huge variety of data types should be handled (spatio-temporal telemetry data, visual data, models etc.)
- Fast (edge pre-processing) needed to prevent unnecessary traffic and processing latency between sensing/actuator systems and back-end analysis system
- Typical big-data architecture needed to respond data handling and storage requirements (further analysis on suitability of RDMS)
- A generic spatio-temporal core data model is valuable for enhancing data manipulation

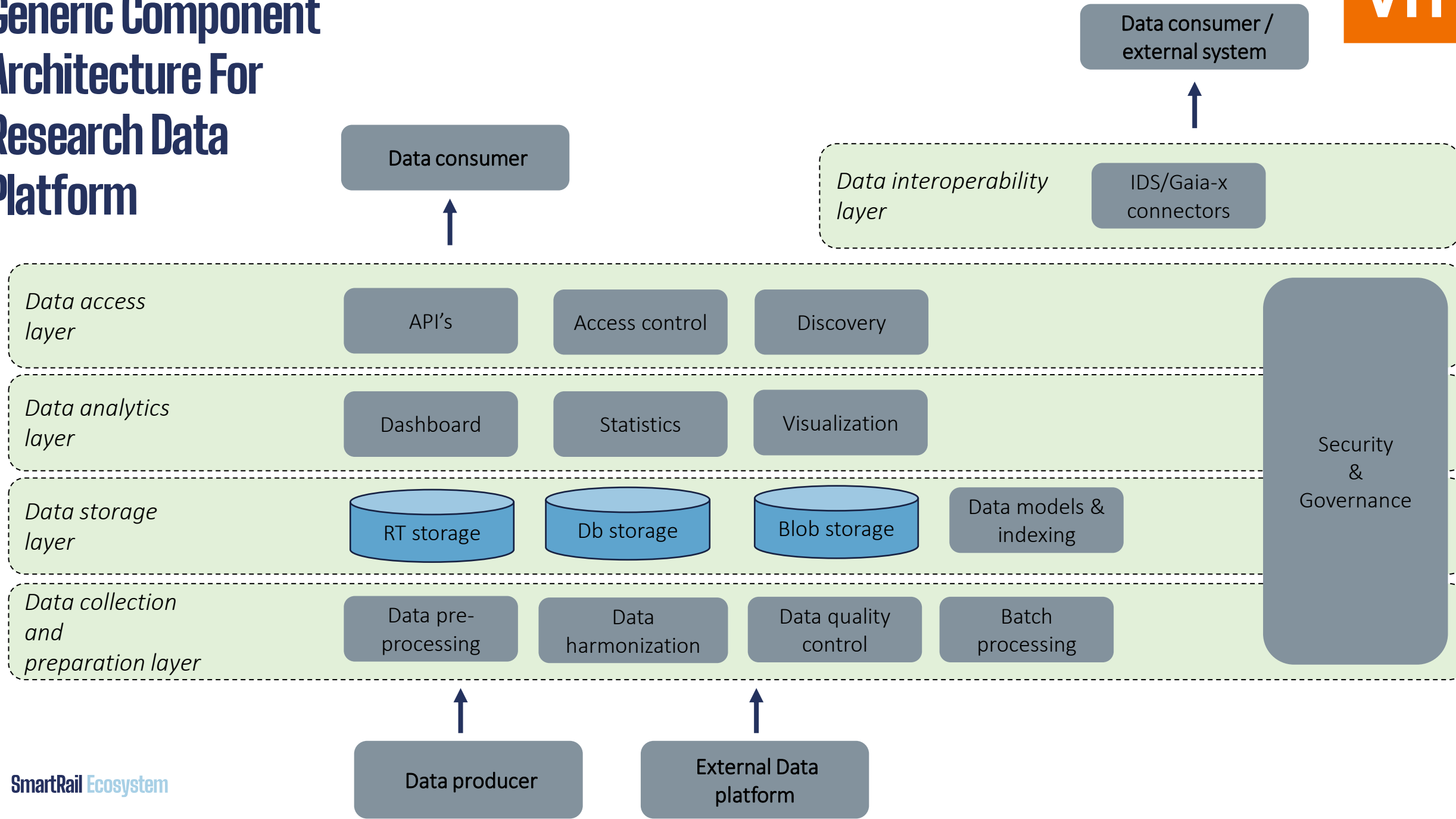


T4.2 Pilot Tram Data Platform and Utilization

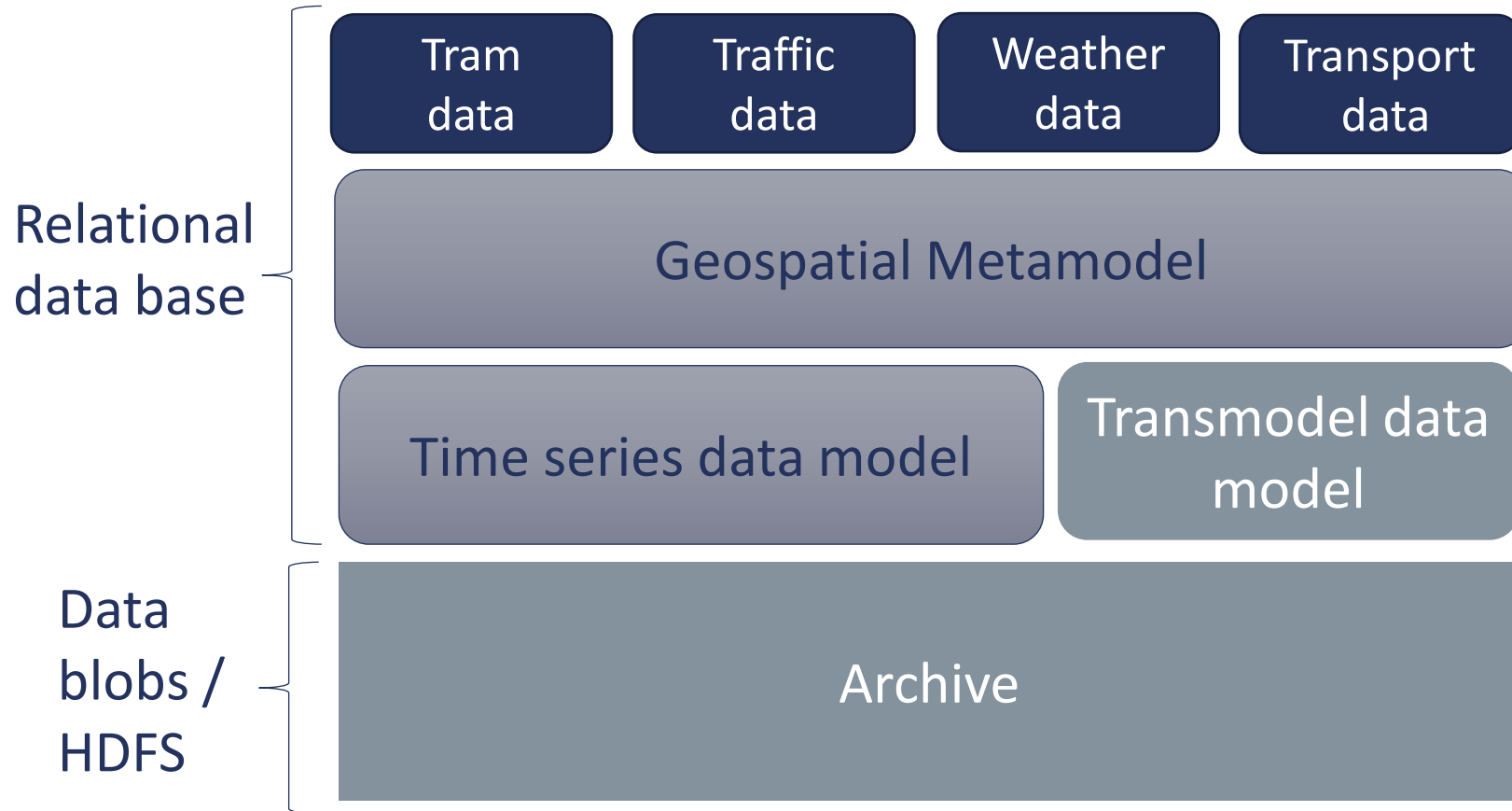
- Nature of transport data = **high volume, big data, complex**
- Typical denominator: **spatio-temporal aspects**
- Data may be: **open** (in different levels), **commercially available** or **closed** inside the company or ecosystem
- Implications to research data platform needs:
 - *Data collection*: Push and pull, incremental updates, batch uploads, ...
 - *Data pre-processing*: edge processing, cleansing, harmonisation...
 - *Data storing*: spatio-temporal capabilities, high speed data ingestion...
 - *Data access*: APIs, both raw and post-processed data access, real-time feed mediation
 - *Data tools*: re-playing selected real-time data feeds, map-based visualization, ...
 - *Cross-cutting and general needs*
 - Clear practices for IPR, licencing and contracts for data usage
 - Robust data security & privacy (e.g., access, processes and IT solutions)
 - Practises for sensitive data management and use (cf. e.g. GDPR)
 - API management and platform usage monitoring
 - Interoperability and data sharing with other data spaces
 - IDS / Gaia-X



Generic Component Architecture For Research Data Platform



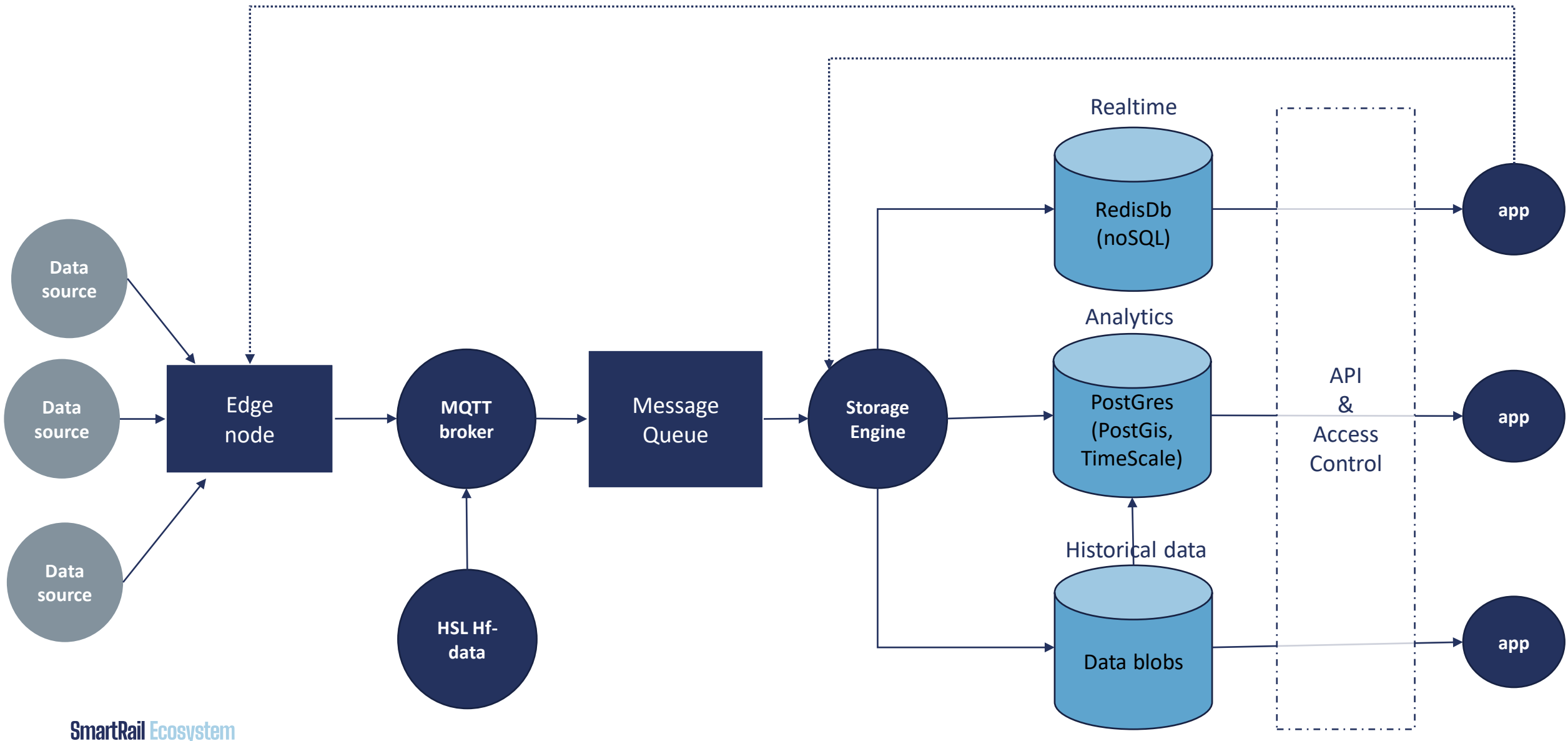
Time Series Data + Static Metadata



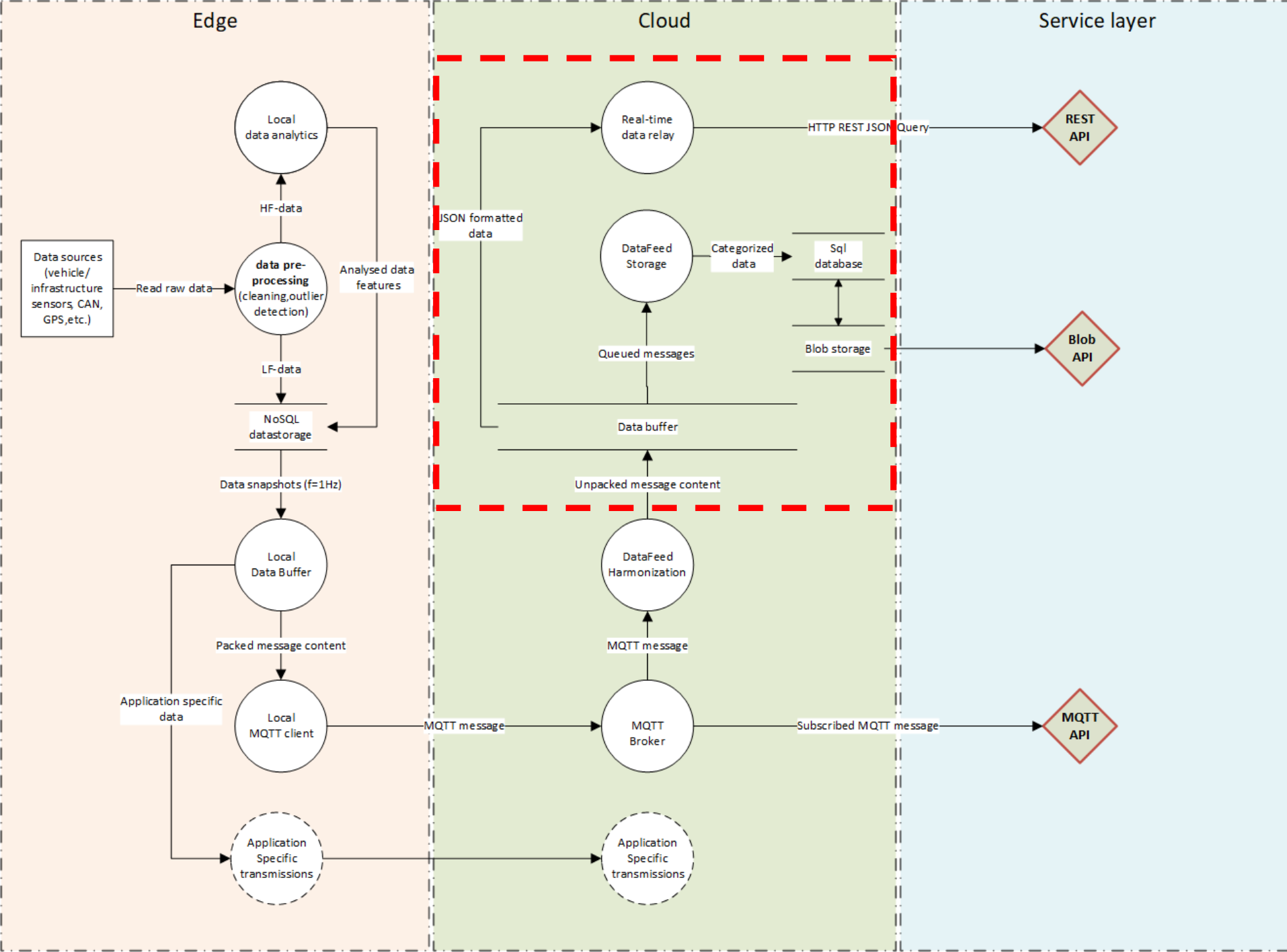
45	CCV5_ParkingBrakeSwitch		1 Hz	CAN	Parking brake switch status, 0 = park brake released
46	CCV5_WheelBasedVehicleSpeed	float	1 Hz	CAN	km/h, Speed measured from the wheels
47	CVW_GrossCombinationVehicleWeight	int	1 Hz	CAN	kg, Gross vehicle weight, The weight of the bus
48	DC1_Ramp_WheelChairLiftPos		1 Hz	CAN	Wheel chair access ramp status, 0 = ramp in the
49	DC1_PassDoors		1 Hz	CAN	
50	DD_BatteryLevel	float	1 Hz	CAN	%
51	DRIVER_AcceleratorPosition	int	1 Hz	CAN	
52	DRIVER_BrakePedalPosition	int	1 Hz	CAN	
53	DRIVER_DriverTorqueRequest	int	1 Hz	CAN	aste, Positiivinen arvo = vääntömomenttipyyntö
54	DRIVER_RegenControlPosition	int	1 Hz	CAN	% Driver can adjust the strength of the regenerator
55	DRIVER_SteeringWheelAngle	float	1 Hz	CAN	-3276..+3276 astetta (rattia voi kääntää useita l
56	EEC1_DriverDemandMotorPercentTorque	int	1 Hz	CAN	%, Positiivinen arvo = vääntömomenttipyyntö 1 -
57	EEC1_MotorSpeed	int	1 Hz	CAN	rpm, traction motor
58	EEC2_AccelPedalPos1	int	1 Hz	CAN	%, Accelerator pedal position
59	EEC2_RoadSpeedLimitStatus		1 Hz	CAN	
60	EEC2_VehclAccelerationRateLimitStatus		1 Hz	CAN	
61	EFFICIENCY_Efficiency	int	1 Hz	CAN	Wh/km
62	EFFICIENCY_EfficiencyAverage	int	1 Hz	CAN	Wh/km
63	ENE_AUX1_AirCompressor		1 Hz	CAN	kWh, Paineilinjakompressorin kuluttama energia
64	ENE_AUX1_DCDC		1 Hz	CAN	kWh, DC/DC-muuttajan kuluttama energia
65	ENE_AUX2_HeatPump		1 Hz	CAN	kWh, Lämpöpumpun kuluttama energia
66	ENE_AUX2_PowerSteering		1 Hz	CAN	kWh, Ohjaustehotimen kuluttama energia
67	ENE_MOT_DriveMotor		1 Hz	CAN	kWh, Ajomoottorin kuluttama energia
68	ENERGY_TotalChargedEnergy		1 Hz	CAN	kWh, This is a cumulative indicator with 1 kWh r
69	ENERGY_TotalDischargedEnergy		1 Hz	CAN	kWh, Akusta purettu energia
70	ENERGY2_TotalExternalCharge		1 Hz	CAN	kWh, Same as ENERGY_TotalChargedEnergy, bu
71	ENERGY2_TotalProcessedAmpHours		1 Hz	CAN	Ah
72	ET1_MotorCoolantTemp	int	1 Hz	CAN	
73	ETC2_TransCurrentGear		1 Hz	CAN	0 = vapaa, 126 = vaihde eteen, 124 = vaihde ta
74	HOURS_MotorTotalHoursOfOperation	float	1 Hz	CAN	h
75	MOTOR_AccelerationLimit		1 Hz	CAN	Kiihtyvyyden rajolito: 0 = ei rajoitusta, 1 = rajoit
76	MOTOR_MotorTorque	int	1 Hz	CAN	Range 3000...-3000 Nm
77	MOTOR_MotorTorqueReference	int	1 Hz	CAN	Luistonesto: 0 = ei päällä, 1 = päällä
78	MOTOR_SlipLimit		1 Hz	CAN	
79	MOTOR_Power	float	1 Hz	CAN	kW, Range 300...300 kW
80	MOTOR_SlipPercentage	int	1 Hz	CAN	%
81	PWR_AUX_HeatPump	float	1 Hz	CAN	kW
82	PWR_AUX_AirCompressor	float	1 Hz	CAN	kW
83	PWR_AUX_PowerSteering	float	1 Hz	CAN	kW
84	PWR_AUX_DCDC	float	1 Hz	CAN	kW
85	STATUS_ChargingType		1 Hz	CAN	0 = ei lataa, 1 = lataa
86	TCO1_DirectionIndicator		1 Hz	CAN	0 = eteenpäin, 1 = taaksepäin
87	TCO1_TachographVehicleSpeed	float	1 Hz	CAN	km/h, Tachograph based vehicle speed, Raaka a
88	TCO1_VehicleMotion		1 Hz	CAN	0 = ajoneuvo ei liiku, 1 = ajoneuvo liikkuu

Variable_name	Type	Frequency	Source	Description
1 message_timestamp	string	1 Hz	on-board computer	Time when message was sent (UTC+2)
2 vehicle_status	int	1 Hz	VehicleStatusController	1 = on route, 0 = on transit
3 occupancy_status	int	10-30s	PassengerCountingModule	0=Empty, 1=Many seats available, 2=few seats available, 3=standing room only, 4=C
4 gsm_latitude	long	1 Hz	GPS board	latitude
5 gsm_longitude	long	1 Hz	GPS board	longitude
6 gsm_altitude	long	1 Hz	GPS board	altitude
7 gsm_speed	long	1 Hz	GPS board	speed
8 io_acceleration	long	300 Hz	Sensor-board	x_mean, x_std, x_min, x_max, y_mean, y_std, y_min, y_max, z_mean, z_std, z_min, z
9 io_magnetometer	long	300 Hz	Sensor-board	x_mean, x_std, x_min, x_max, y_mean, y_std, y_min, y_max, z_mean, z_std, z_min, z
10 io_gyroscope	long	300 Hz	Sensor-board	x_mean, x_std, x_min, x_max, y_mean, y_std, y_min, y_max, z_mean, z_std, z_min, z
11 route_number	int	static	HSL API	Route number visible to passengers
12 odometer	int	1 Hz	HSL API	The odometer reading in meters (m) since the start of the trip
13 delay	int	1 Hz	HSL API	Offset from the scheduled timetable in seconds (s)
14 start_time_trip	string	static	HSL API	Scheduled start time of the trip
15 journey	int	static	HSL API	HSL Internal
16 direction	int	static	HSL API	Route direction of the trip: Either 1 or 2
17 time	int	static	HSL API	HSL Internal
18 heading	int	1 Hz	HSL API	Heading of the vehicle, in degrees (°) starting clockwise from geographic north
19 door_status	int	1 Hz	HSL API	Door status: 0 if all the doors are closed, 1 if any of the doors are open
20 front_temperature	float	3-60 s	TinyNode	Temperature measured from sensor located at the front of the bus
21 front_humidity	float	3-60 s	TinyNode	Humidity measured from sensor located at the front of the bus
22 middle_temperature	float	3-60 s	TinyNode	Temperature measured from sensor located at the middle of the bus
23 middle_humidity	float	3-60 s	TinyNode	Humidity measured from sensor located at the middle of the bus
24 back_temperature	float	3-60 s	TinyNode	Temperature measured from sensor located at the back of the bus
25 back_humidity	float	3-60 s	TinyNode	Humidity measured from sensor located at the back of the bus
26 back_pressure	float	3-60 s	TinyNode	Air pressure measured from sensor located at the back of the bus
27 air1_AirCompressorStatus	int	1 Hz	CAN	kPa, 0 = kompressorin paikka, 1 = kompressorin kly
28 air1_AirSuspensionSupplyPress	int	1 Hz	CAN	kPa, Ilmajäostuksen paine
29 air1_ParkingAndOrTrailerPress	int	1 Hz	CAN	kPa, Parking brake circuit pressure
30 air1_PneumaticSupplyPress	int	1 Hz	CAN	kPa, Pressure of the compressed air tank
31 air1_ServiceBrakeAirPressCircuit1	int	1 Hz	CAN	kPa, Rear axle brake circuit pressure
32 air1_ServiceBrakeAirPressCircuit2	int	1 Hz	CAN	kPa, Front axle brake circuit pressure
33 AMB_AmbientTemp	float	1 Hz	CAN	
34 AMB_CabinTemp	float	1 Hz	CAN	
35 AI_AirStatus	int	1 Hz	CAN	Air 1 = Latas
36 BATTERY_AverageCellTemp	int	1 Hz	CAN	
37 BATTERY_BatteryCurrent	float	1 Hz	CAN	A, Negatiivinen virta = purku, positiivinen = lataus
38 BATTERY_BatteryPower	float	1 Hz	CAN	kW, Negatiivinen teho = purku, positiivinen = lataus
39 BATTERY_BatteryVoltage	float	1 Hz	CAN	
40 BATTERY_SOC	float	1 Hz	CAN	
41 CCV5_BrakeSwitch		1 Hz	CAN	Brake pedal status, 0 = pedal not pressed 1 = pedal pressed

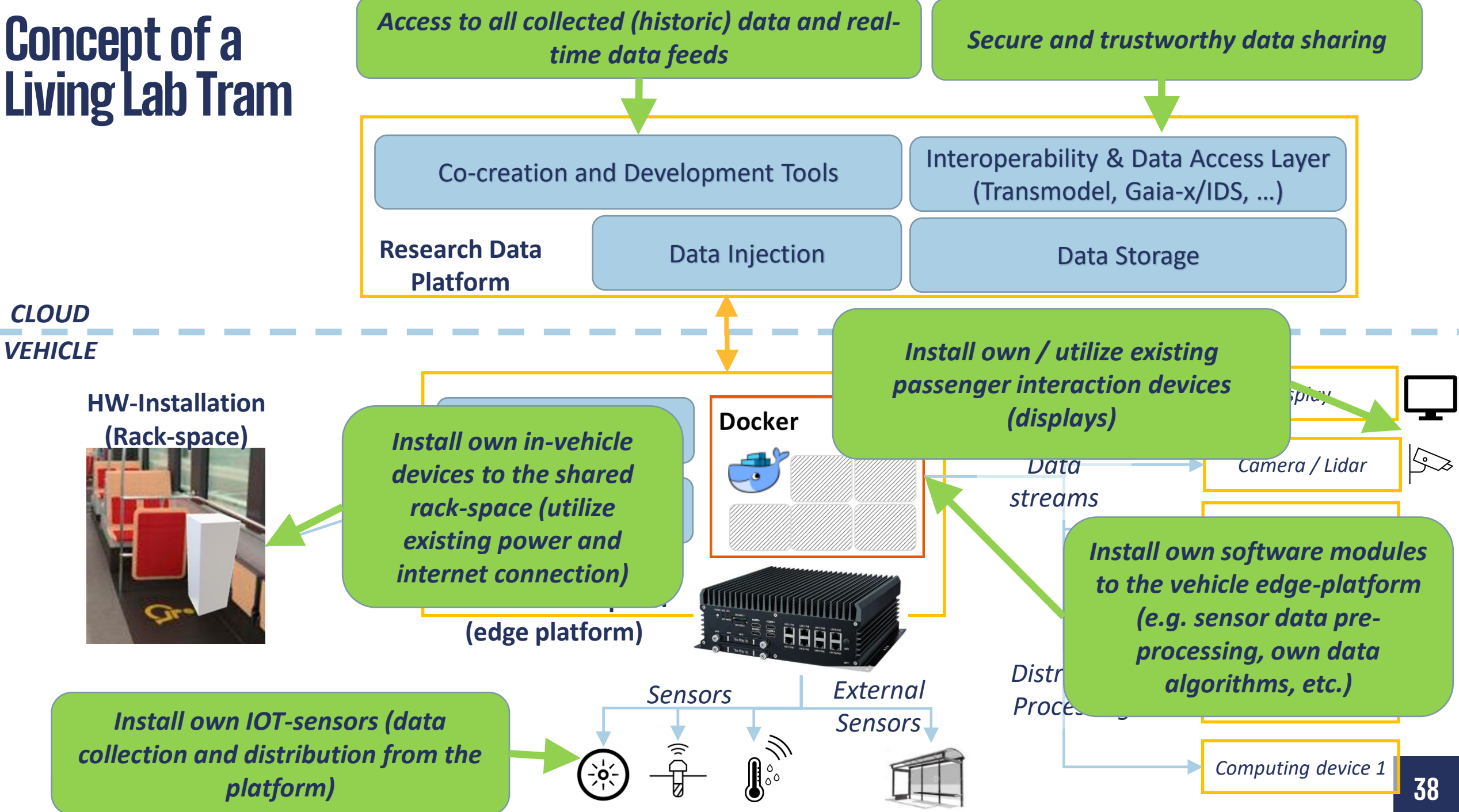
T4.3 Pilot Tram System Architecture and Platform



Data Flow Architecture



Concept of a Living Lab Tram



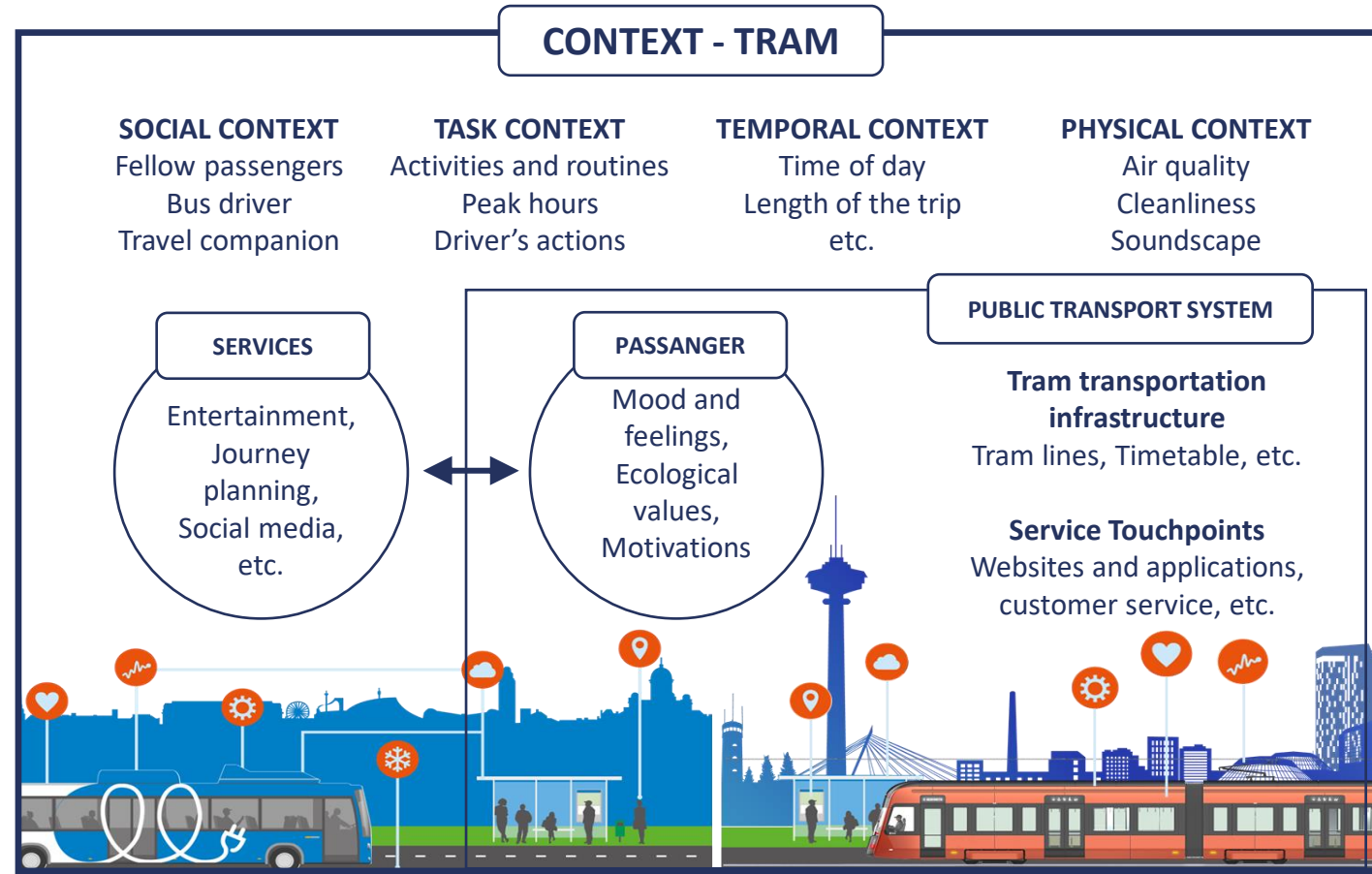
Co-creation tools & Development tools

▪ Service Developer portal

1. Datasets, APIs
2. Documentation, best practices, lessons learnt
3. Examples for data utilization (demonstration applications)
4. Analytic, simulation and visualization tools (code samples, algorithms)
5. Customer feedback collection tools
6. Co-creation support tools (GitHub, Slack etc.)

▪ Co-creation events

- hackathons, workshops etc.



Adapted from: Hildén, E., Ojala, J. & Väänänen, K. (2017). Development of Context Cards: A Bus-Specific Ideation Tool for Co-Design Workshops. In Proceedings of the 21st International Academic Mindtrek Conference, Tampere, Finland, 20-21 Sept 2017.

References/Full reports:

1. SmartRail Living Lab Concept and Supporting Technology Environment Research Report (overall synthesis for scientific paper(s) to be published 2021)

SmartRail Ecosystem

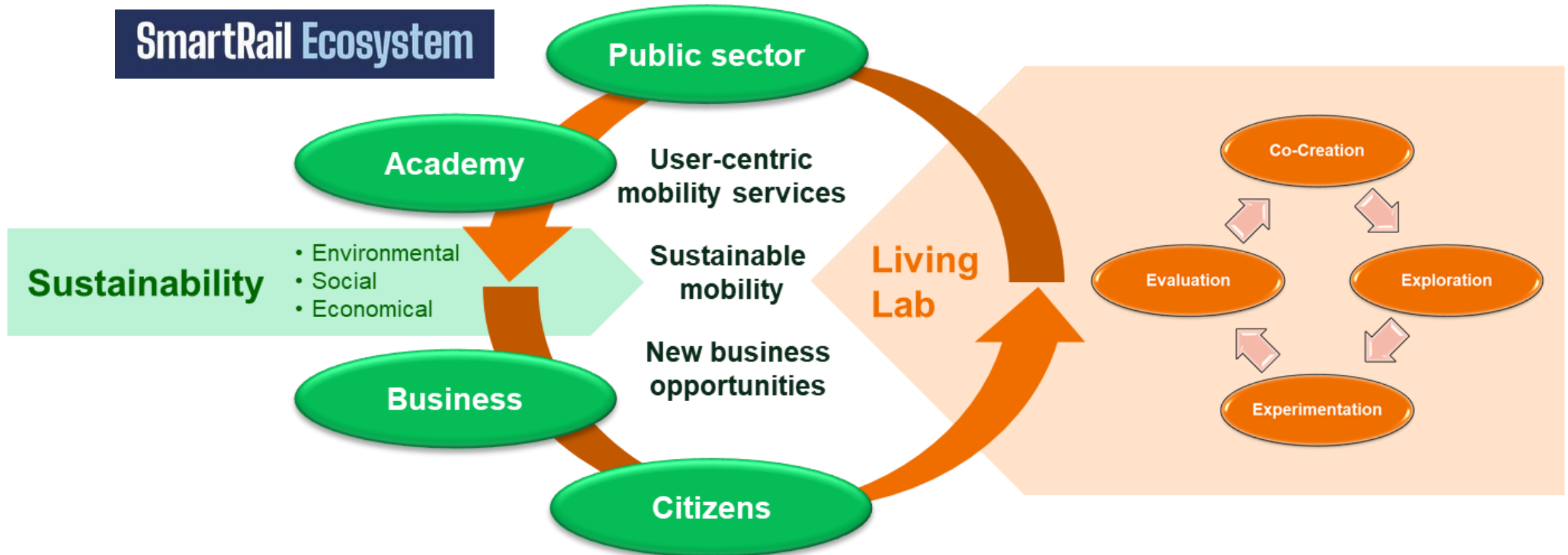
TP5 Living Lab toiminnan konseptointi

Results

- **Description of the SmartRail Living Lab concept**
 - Living Lab as an ecosystem enabler
 - Elements of the SmartRail Living Lab environment
 - Idea of evolving Living Lab
 - Living Lab Methodology
- **Organization of Living Lab operation**
 - Roles, rules and processes
- **Living Lab requirements for the technical environment**
- **Adaptation of the SmartRail Living Lab concept to TURMS**

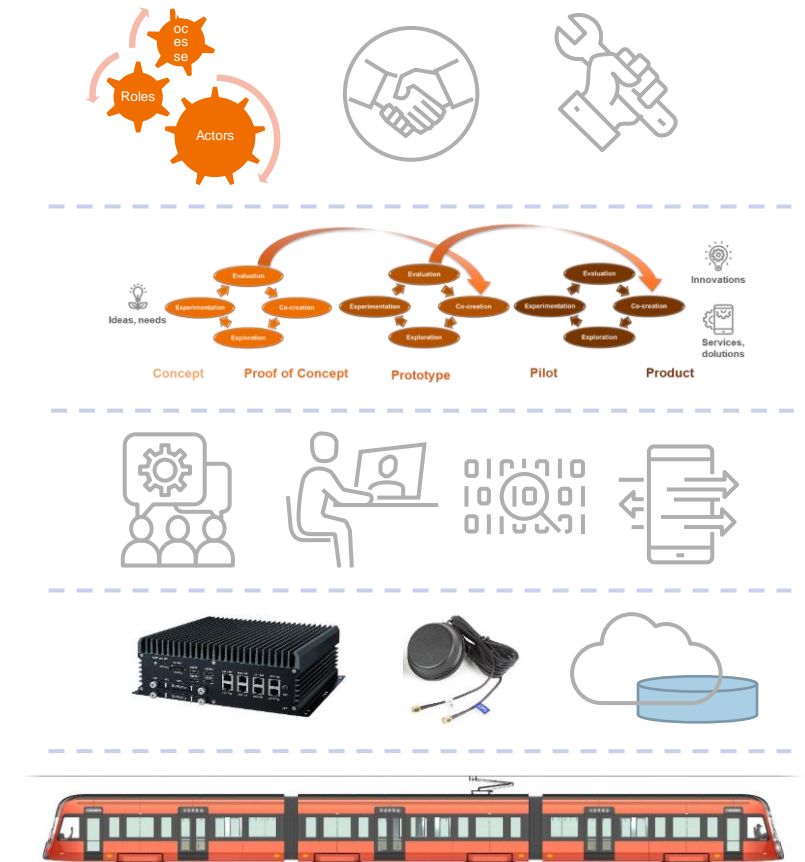
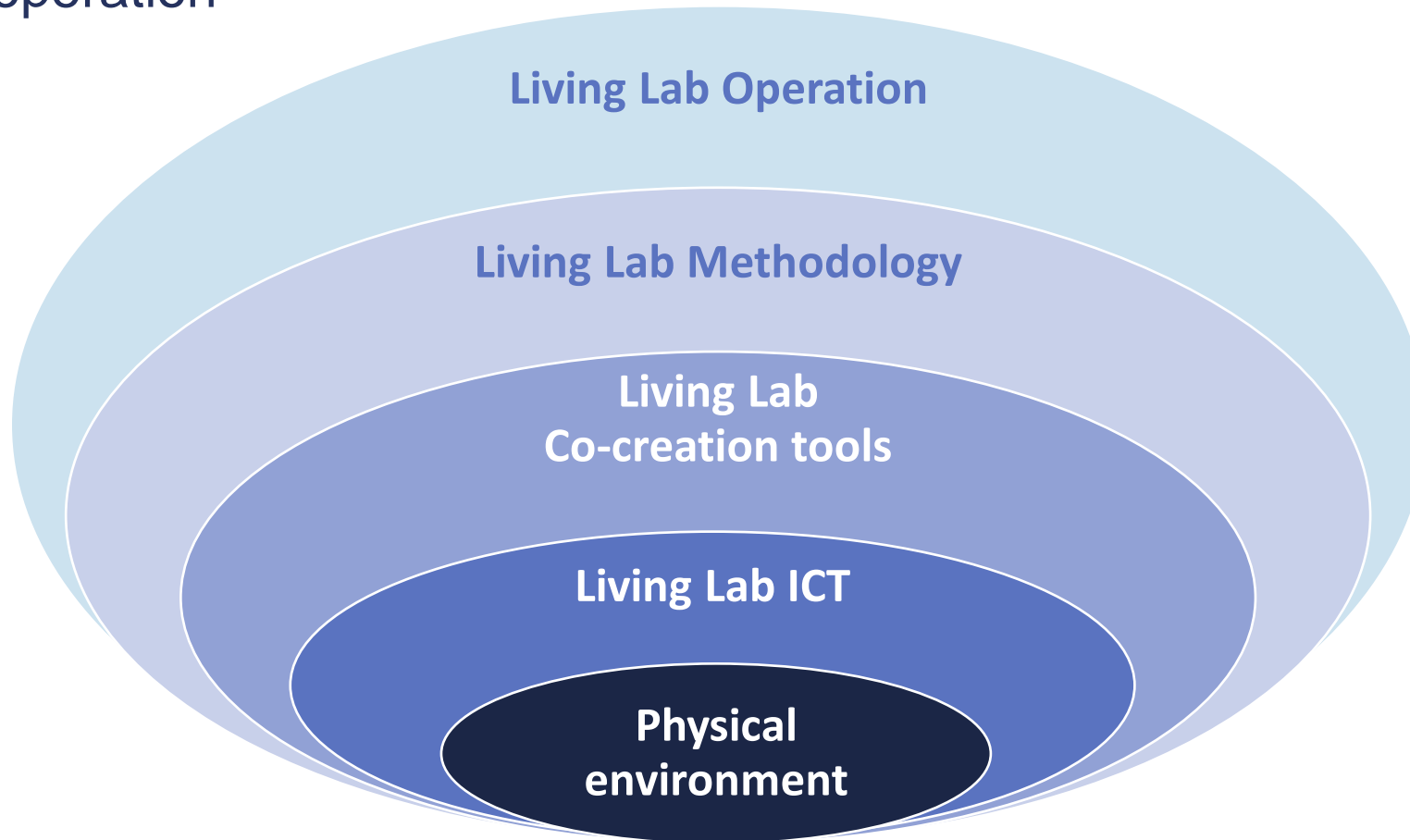
Living Lab as an ecosystem enabler

Living Lab provides tools for concretizing SmartRail ecosystem offering in the real world context



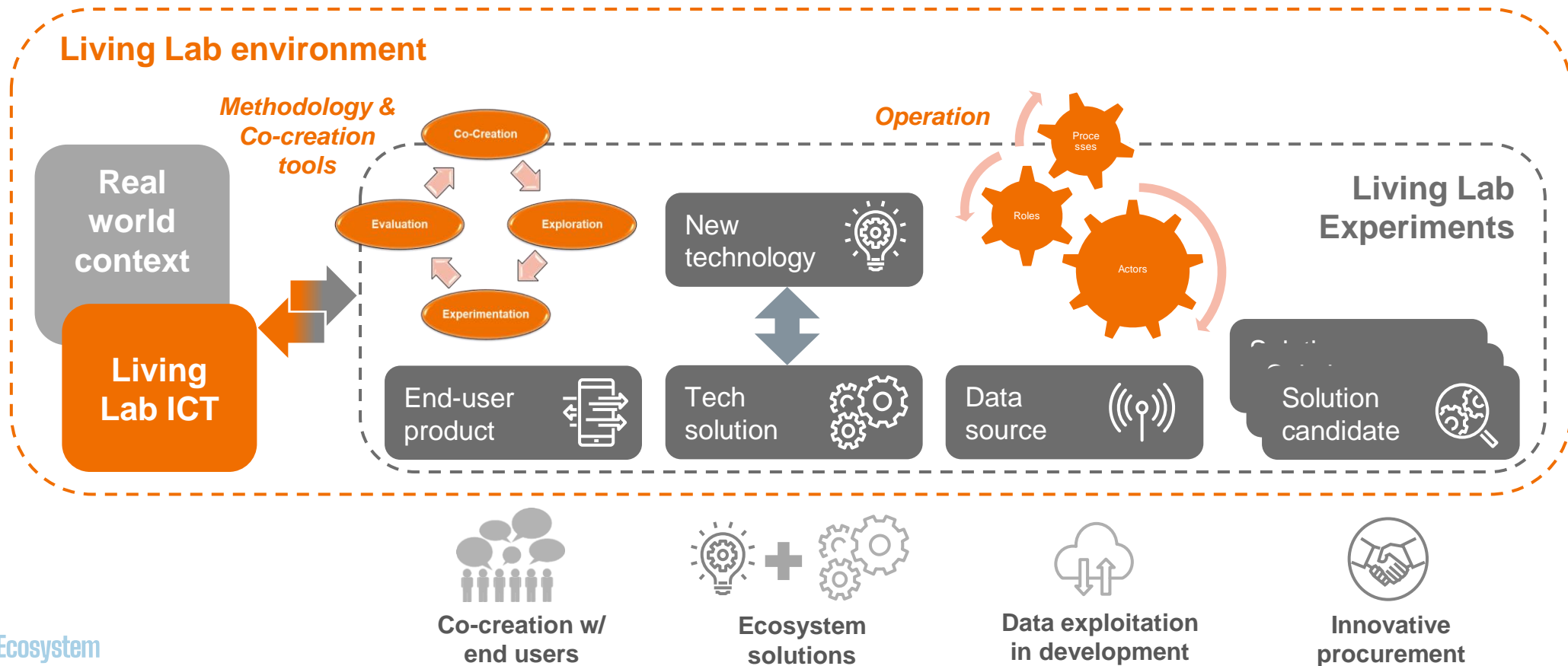
SmartRail Living Lab Environment

SmartRail Living Lab is based on physical context enriched with Living Lab ICT, co-creation tools & methodology as well as on rules, roles & processes for guiding concrete operation



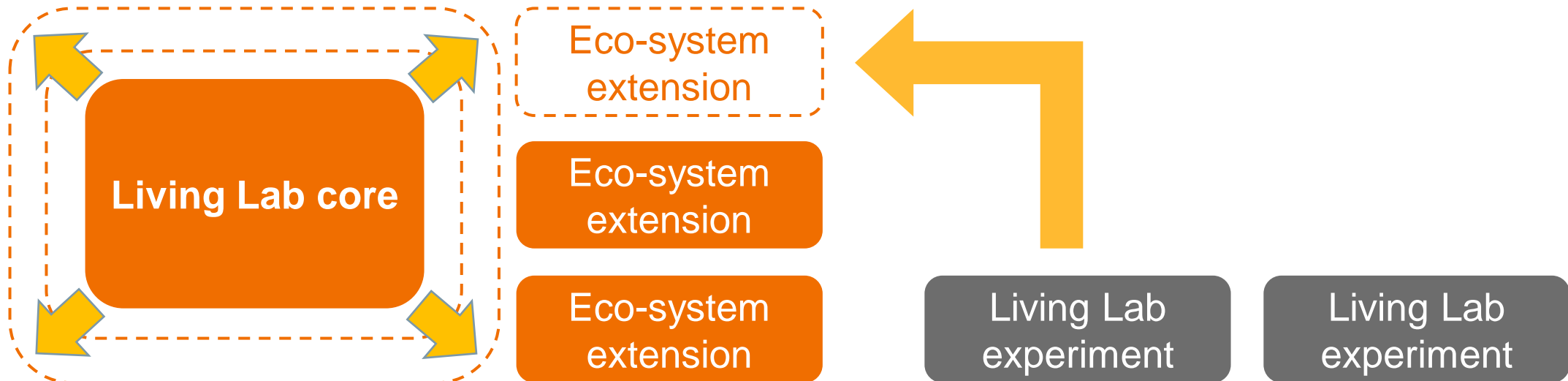
Living Lab exploitation in SmartRail

In SmartRail, Living Lab is not only about **end-user involvement** in product development – it is also playground, e.g. for: **B2B co-creation, open development & innovative procurement**



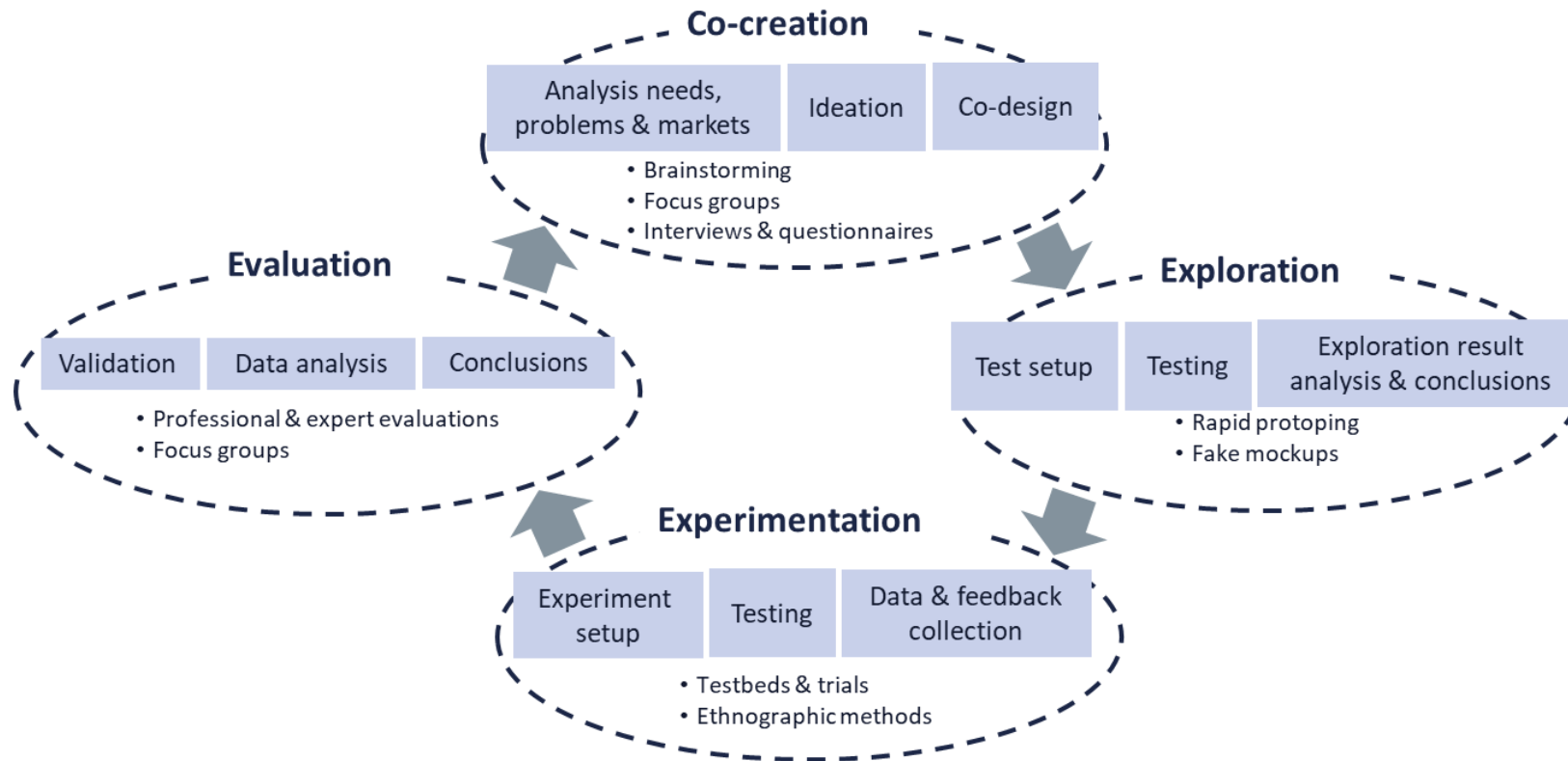
Evolving and incremental Living Lab

Living Lab is not stable environment but **evolving and extending itself**
Living Lab **experiments may remain as permanent part of the living lab.**



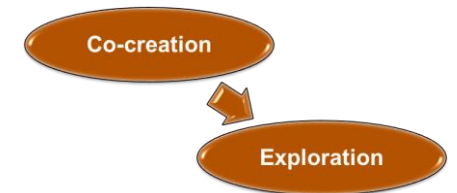
Evolving and incremental Living Lab

SmartRail Living Lab allows enter to the process in different phases and utilize only the required part of it

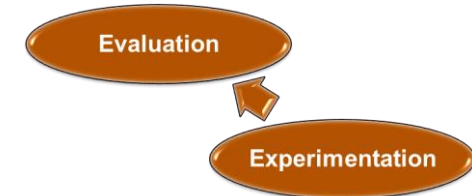


(Adapted from: Vicini et al., 2021)

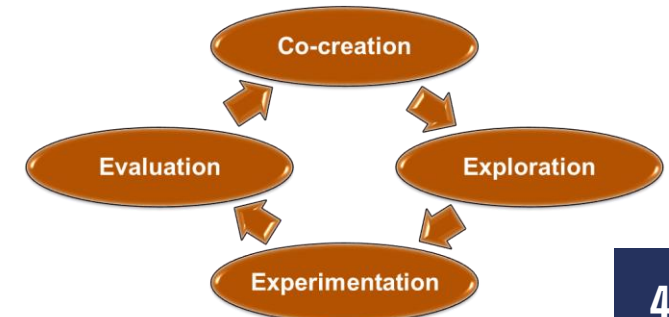
Test idea:



Test mature product:

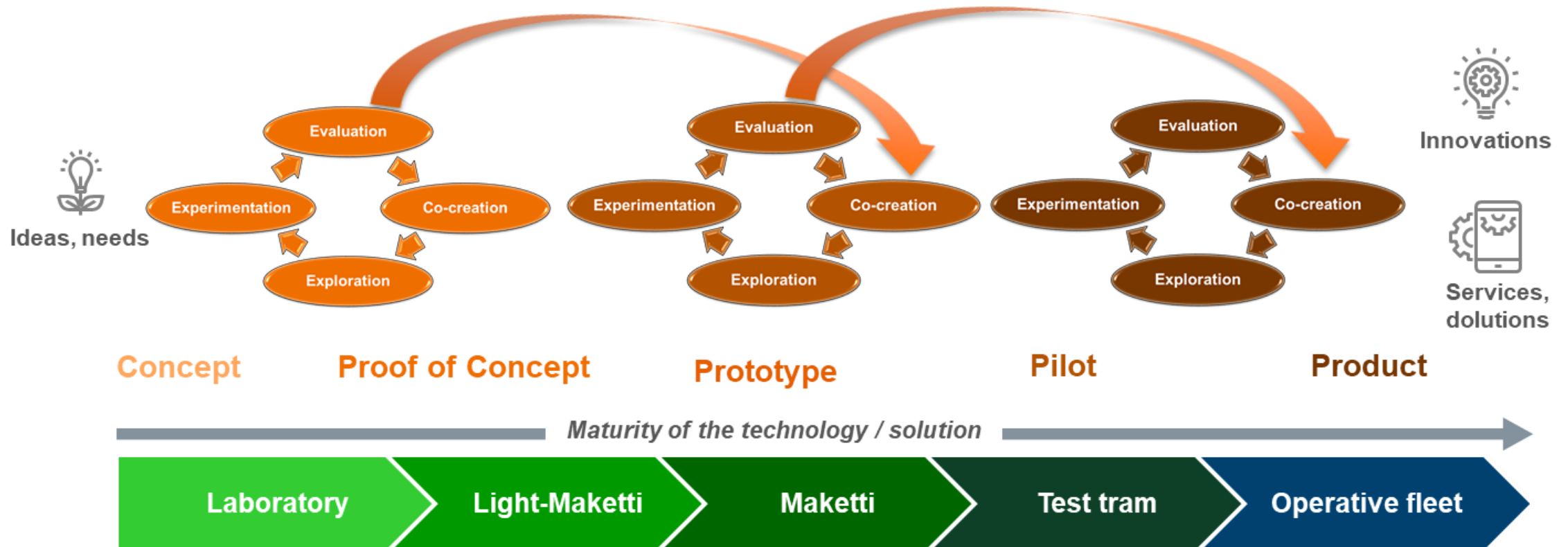


Co-create from idea to product



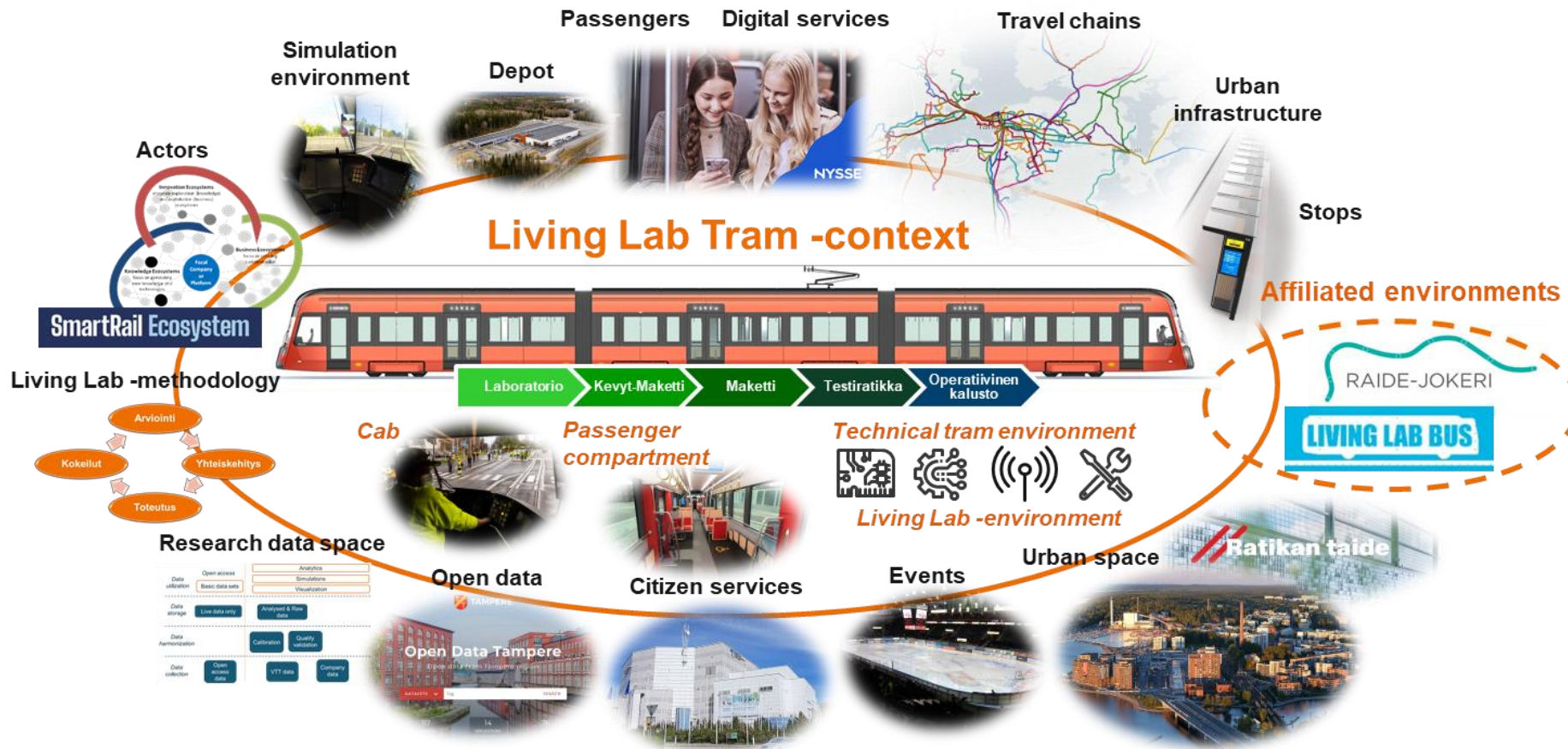
Living Lab Path

SmartRail Living Lab supports ideating, concepting, co-creating, experimenting, testing & promoting technologies, solutions and services in **different maturity levels**



SmartRail Living Lab context – more than just the test tram

Tram in Tampere is part of the city and its services – SmartRail Living Lab aims at extending its context to cover the surrounding smart city

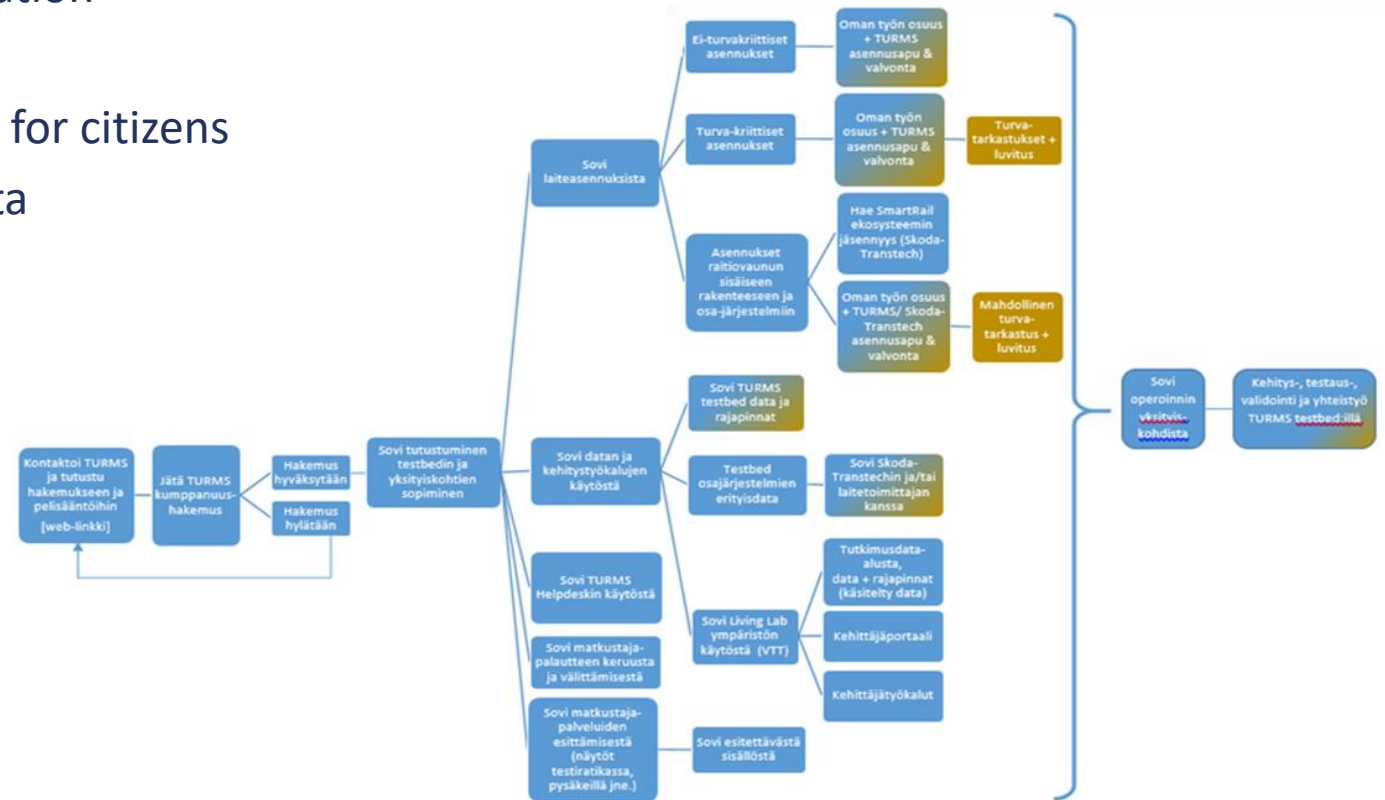
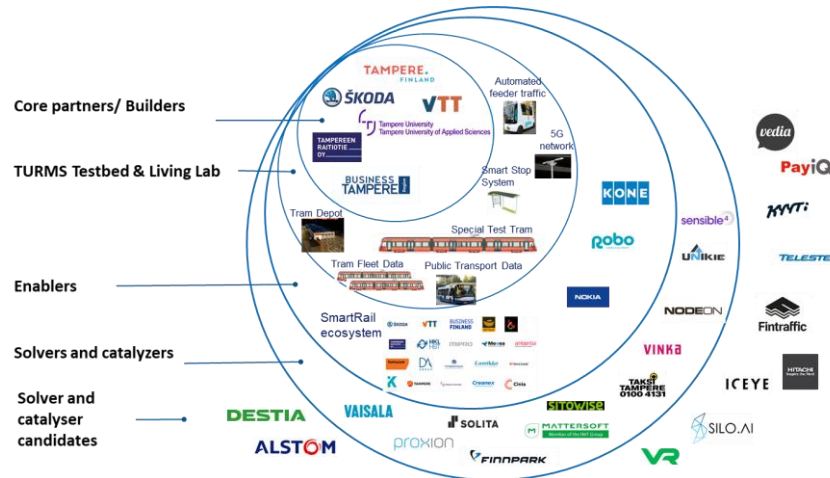


Living Lab operation – Roles, rules and processes

Core partners and roles:

1. Tampereen Raitiotie Oy (TRO) – Host Organization
2. VTT – Main responsible of Living Lab services
3. City of Tampere – Urban rail mobility services for citizens
4. Skoda Transtech – Test tram technology & data
5. Tampere University (TAU) –Living Lab Partner
6. Business Tampere – The marketing node

Process for setting up Living Lab experiments



Technical requirements

- Access to physical tram and its subsystems
- Access to physical tram related urban infrastructure
- Additional functionality for enabling Living Lab experiments
- Access to tram data
- Access to data from transport system and operation
- Access to other urban data
- Living Lab co-creation tools

Result material

- Living Lab concept description (in: *SmartRail Living Lab concept and supporting technical environment*)
- Living Lab requirements for the technical environment (in: *SmartRail Living Lab concept and supporting technical environment*)
- Contribution to TURMS operation plan
- TURMS Open Access Principles

Next Steps

- **Living Lab concept and requirements → actual operational TURMS Living Lab**
 - **Operationalization of roles, rules and processes**
 - **Concretize and adapt Living Lab methodology to TURMS**
 - **Realization of technical environment**
 - **Vehicle environment**
 - **Backend**
 - **Co-creation environment**
 - **Activities for keeping Living Lab alive**
 - **Show case building: e.g., IIHF Championships 2022**

References

Almirall, E., Lee, M. & Wareham, J. (2012). Mapping Living Labs in the Landscape of Innovation Methodologies, *Technology Innovation Management Review*, Vol. 2, No. 9, pp. 12-18.

https://timreview.ca/sites/default/files/article_PDF/Almirall_et_al_TIMReview_September2012.pdf.

Ballon, P., Pierson, J. & Deleare, S. (2005). Test and Experimentation platforms for Broadband Innovation: Examining European Practice. Conference Proceedings of the 16th European Regional Conference, International Telecommunications Society, Portugal, 4-6 September 2005. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.681.8102&rep=rep1&type=pdf>.

Lasher, D.R., Ives, B., Jarvenpaa, S.L (1991). USAA-IBM Partnerships in Information Technology: Managing the Image Project. *MIS Quarterly*, 15(4), pp. 551-565. <https://www.jstor.org/stable/pdf/249458.pdf>.

Leminen, S. (2013). Coordination and Participation in Living Lab Networks. *Technology Innovation Management Review*, 3(11): 5–14. <http://timreview.ca/article/740>.

Pallot, M. & Pawar, K. S. (2012). A holistic model of user experience for living lab experiential design. In Proceedings of the 18th International Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE'2012. Munich, Germany: ICE. 15 p.

<file:///C:/Users/tteojp/AppData/Local/Temp/AHolisticModelofUserExperienceforLivingLabExperientialDesignICE2012MPallotKSPawar.pdf>.

SmartRail Ecosystem

TP6 Ekosysteemipohjaisen liiketoiminnan kehittäminen

- 1. Liiketoiminta- ja innovaatioekosysteemin kuvaus, tapausesimerkkinä SmartRail AST-ryhmä**
 - Rajaus, toimijakuvaukset, roolit, tavoitteet, toimijoiden väliset suhteet ym.
- 2. Ekosysteemin kehitysvaiheet & yhteiskehittäminen**
 - Mallit, haasteiden ja toimivien ratkaisuiden tunnistaminen
- 3. Skenaario(t) riskinjak- ja ansaintalogiikasta**
 - Esimerkkitapaus Koulutussimulaattori
- 4. Ekosysteemipohjaisen toiminnan vaikutus kaupalliseen potentiaaliin**
 - Toimijoiden roolit ja tehtävät ekosysteemin viennin edistämisessä
- 5. Uusien liiketoimintamahdollisuuksien tunnistaminen ja menetelmät**
 - Yhteistarjoaman konseptointi ja menetelmät
- 6. Yhteistarjoaman konseptointi**
 - Mahdollisuuksien ja haasteiden tunnistaminen

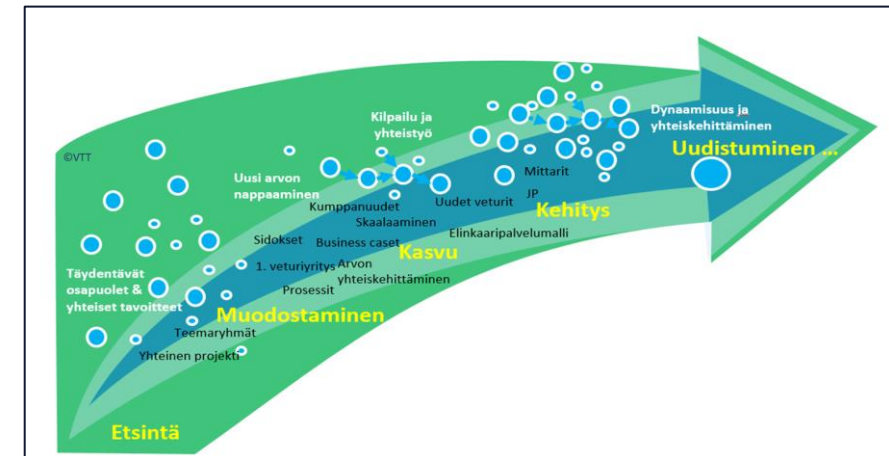
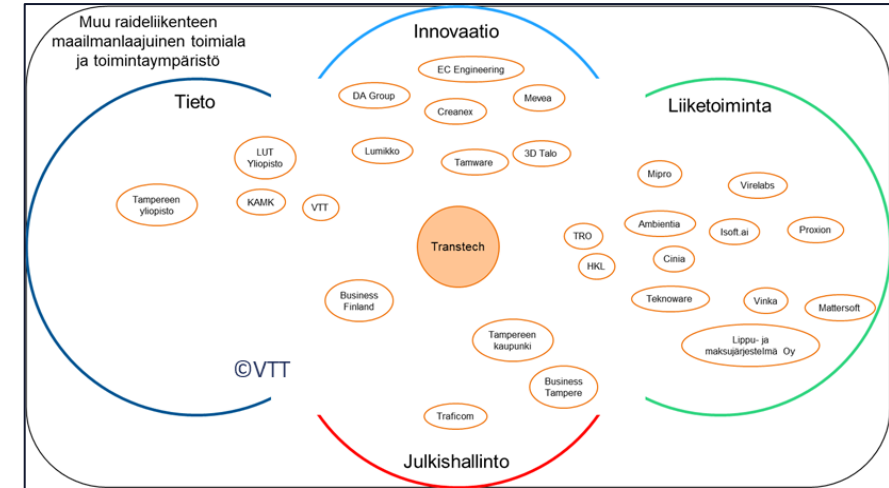
Tulokset 1 ja 2

Keskeiset tulokset:

- Raja- ja toimijakuvaukset, roolit, tavoitteet, toimijoiden väliset suhteet, hyödyt ja riskit
- Yhteistyön olennaisten tekijöiden tunnistaminen: luottamus, sopimukset, yhteiskehittäminen, työkalut ym.
- Ekosysteemin kehitysvaiheet
- Yhteiskehittämisen mallit, hyötyjen, haasteiden ja toimivien ratkaisuiden tunnistaminen
 - Mallien kontekstisidonnaisuus ja skaalautuvuus

Kehitysehdotukset:

- Enemmän fokuksia ja organisoituja tapaamisia
- Ekosysteempäivät ja ekosysteemin “avoimet ovet -päivä”
- Selkeytetään ekosysteemin organisoitumista toimijoille
- Ekosysteemissä käytettävien kehitysrajapintojen ja työkalujen määrittäminen (uudet toimijat huomioiden)
- TURMS-ympäristön rakentaminen yhteistyöllä



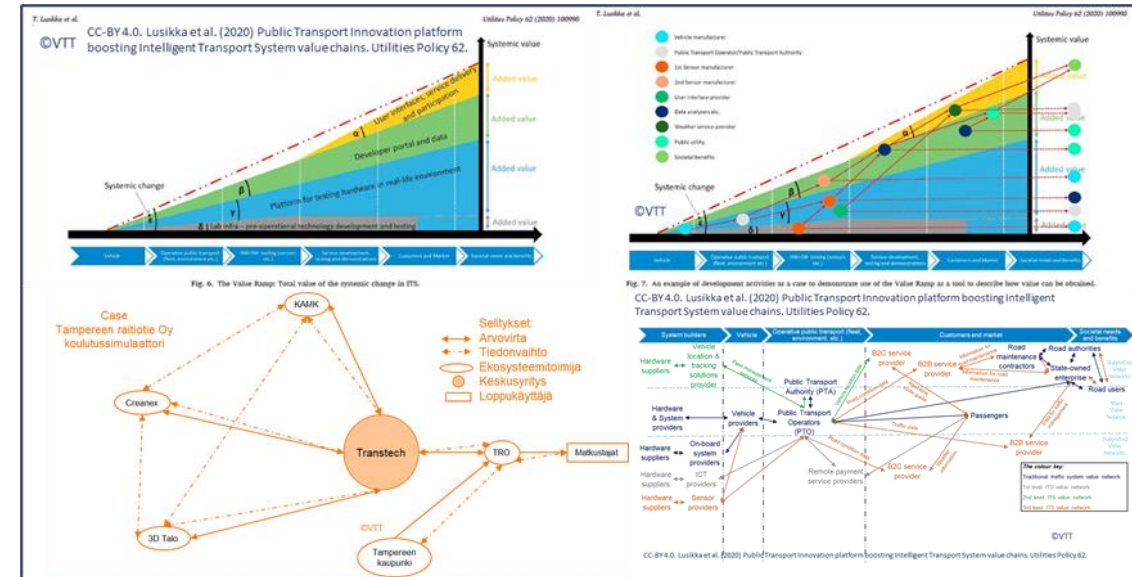
Tulokset 3 ja 4

Keskeiset tulokset:

- Esimerkkitapaus Koulutussimulaattori
 - Yhteistyön onnistuminen, kokemukset, toimivat menetelmät ja käytännöt
 - Esimerkit riskien, vastuiden ja tulojen jakamisesta
- Ekosysteempipohjaisen toiminnan vaikutus liiketoimintaan
- Toimijoiden roolit ja tehtävät ekosysteemin liiketoiminnan ja viennin edistämisessä

Kehitysehdotukset:

- Uusien tuotteiden/palveluiden liiketoimintamallit pitää suunnitella yritysakohtaisesti
 - SmartRail-ekosysteemissä tulee paneutua ja avustaa liiketoimintamallien osissa, joihin ekosysteemi toimintamallina vaikuttaa

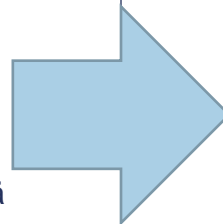
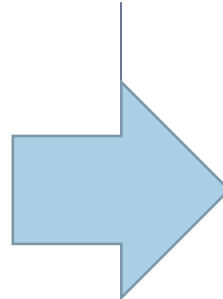


Hyödyt/mahdollisuudet	Riskit/uhat	©VTT
Tuotekehityksen riskien pienentäminen	Kilpailu ekosysteemin sisällä	
Liiketoiminnan uudistaminen ja kehittäminen	Epärealistiset odotukset riskien ja hyötyjen jakamisesta	
Uudet kumppanuudet ja asiakkaat	Riski valtasuhteiden tasapainon vääristymisestä	
Nopea skaalautuminen uusiin markkinoihin ja globaaliin markkinaan	Oman edun tavoittelu	
Ketterä toimintatapa	Uudet arvonjakamisen mallit	
Uudet liiketoimintasegmentit		
Asiakkaan sitoutuminen/sitouttaminen TKI-toimintaan		
Pääsy kv-markkinoille ja viennin kasvattaminen		
Uudet arvonjakamisen mallit		

Tulokset 5 ja 6

Keskeiset tulokset:

- Ekosysteemin yhteistarjoamaa lähdettiin rakentamaan teemaryhmien kautta pohjautuen toimijoiden näkemyksiin
 - Kevään 2020 AST-työpajat ja menetelmien kokeilu
 - Korona vaikeutti yritysten ajankäyttöä SmartRail TKI-hankkeeseen
 - Lisäksi työpajat jouduttiin pitämään etänä
 - Näillä reunaehdoilla toteutetut menetelmät eivät tarjonneet riittävää konkretiaa -> tulokset jäivät tavoiteltuja vähäisimmiksi
 - Haastatteluissa joitakin aihioita pohdittu yhdessä yritysten kanssa
 - Uusien kv-mahdollisuuksien odotetaan syntyvän aluksi Skoda Transtechin liiketoiminnan kautta
 - Ekosysteemin maturiteetti on vielä alhainen, joten tarjoamaa on haastava konseptoida
 - Ollaan vielä osittain ns. etsintävaiheessa, eli etsitään mahdollisuuksia ja luodaan uutta, mutta ei ole vielä yhteistä liiketoimintaa laajasti
 - SWOT-analyysi AST-ryhmän liiketoimintamahdollisuuksista



Palveluliiketoiminnan siirtymäpolku valmistavassa

Kehitysehdotukset:

- Käytännön yhteistyötä paremmin palvelevien menetelmien tunnistaminen ja luominen
- Yhteistarjoaman ja tuoteportfolion rakentaminen, kaupallistaminen ja kansainvälistäminen
- Yhteistarjoaman markkinointi (tapahtumat, nettisivut, referenssit)
 - Tapahtumat, nettisivut, referenssit, muu materiaali ja sisältö
 - Fyysisiä tapahtumia ei ollut koronan vuoksi
 - Nettisivut kaipaavat sisältöä
 - Edellyttää aktiivisuutta jokaiselta toimijalta
 - Referenssit: yritykset voivat hyödyntää SmartRail nettisivuja tuomalla sinne myös materiaalia omista referenssitoteutuksista
 - Tuleva TURMS Living Lab -kehitysympäristö toimii myös erinomaisena näyteikkunana ekosysteemin tarjoamaan

11/05/2021

Heikkoudet

Uhat

TP6 keskeinen tulosaineisto

Raportit ja julkaisut:

- Tulokset kootaan yhteen VTT Technology julkaisuun, jonka kommentoitava versio (ml. kehitysehdotukset) valmistuu toukokuussa (suomi + tiivistelmä englanti)
- Lisäksi kirjoitetaan artikkeli painottuen toimijoiden rooleihin, ekosysteemin operointimalleihin sekä ekosysteemisten liiketoimintamallien elementteihin (englanti)
 - Valmistuu kesällä ja julkaisuprosessista riippuen julkaistaan todennäköisesti syksyllä
 - Artikkelin on suunniteltu osaksi T. Lusikan aloitettua väitöskirjaa

Kalvosarjat ym.:

- Yhteiskehittämisen mallit SmartRail-ekosysteemissä (suomi)
- VTT Technology julkaisusta tiivistetty kalvosarja (englanti)
- Luhtala, M., Vukota, N. & Jartti, H. (2020).: SmartRail Ecosystem aims at customer-centric mobility services. Railways News.



SmartRail Ecosystem

TP7 Koordinointi, tulosten levittäminen sekä ekosysteemin tunnettuuden ja vaikuttavuuden edistäminen

Työpaketin keskeiset tulokset

1. Koordinointi

- KAMK:n, LUT:n ja VTT:n tutkimushankkeiden koordinoitu toteuttaminen
- Ohjausryhmätoiminta, projektiryhmätyöskentely, yritys- ja tutkimusyhteistyö sekä sidosryhmäyhteistyö

2. Orkestrointituki SmartRail-ekosysteemin veturiyritys Skoda Transtechille

- Pelisäännöt ja toimintamallit
- Ekosysteemin yhteiset työpajat, ekosysteemipäivät ja muut yhteistyötapaamiset fasilitointineen
- Yhteiskehittämisen aktivointi

3. Tulosten levittäminen

- Tulosten levittäminen hankkeen (SmartRail Ecosystem –verkkosivut) ja hankkeen ulkopuolisten kanavien kautta (BF:n kanavat, TransDigi, ITS Finland, Future Mobility Finland)

4. SmartRail ekosysteemin tunnettuus

- SmartRail on kehittynyt ja profiloitunut keskeiseksi kv. markkinapotentiaalia omaavaksi liikennealan ekosysteemiksi (Liikennealan kansallinen kasvuohjelma 2018- 2020, Liikennealan kestävän kasvun ohjelma 2021-2023, BF, ITS Finland)

5. SmartRail ekosysteemin kasvu ja vaikuttavuus

- SmartRail on kasvanut 22 organisaation (yritykset, julkinen sektori, tutkimus) ekosysteemiksi (tilanne 5/2021)
- SmartRailin 2. innovaatiovaihe käynnistyi v. 2020 (6 yritystä, 2 tutkimusorganisaatiota)
- SmartRailin toimintamalleja, pelisääntöjä ja kokemuksia hyödynnetään myös muiden ekosysteemien rakentamisessa ja toiminnan kehityksessä
- Ekosysteemin yhteiskehittämisen myötä toimitettu kaupallinen tuote v. 2020 (koulutussimulaattori Tampereen Raitiotie Oy:lle)
- Ekosysteemin yhteistarjoaman rakentaminen ja kv. markkinoille suunnattava markkinointiaktiviteetti käynnistettiin loppukeväästä 2021 yhteistyössä Skoda Transtechin, VTT:n, ITS Finlandin ja Business Finlandin kanssa.